Structural Analysis Division

Division de l'analyse structurelle

HA-025E
C.3.

ALTERNATIVE OFF-OIL SCENARIOS FOR ONTARIO: Results Obtained from Statistics Canada Housing Model.

R.H.H. Moll
K.H. Dickinson
R.B. Hoffman

December 1980
80-12-31

Table of Contents

1. INTRODUCTION

1.1 Background

1.2 User Interface

1.3 Organization of Paper

2.0 HOUSEHOLD MODEL STRUCTURE

2.1 1971 Base Housing Stock

2.2 Demolition

2.3 Thermal Retrofit

2.4 Equipment Retrofit

2.5 New Housing

2.6 Aggregate Energy

2.7 The Looping Pattern

2.8 Hybrid Heating Dynamic Load Analyzer

3.0 SIMULATION DESIGN

3.1 Simulation and Forecasting

3.2 Example Simulation Exercises

4.0 SPECIFICATION OF MODEL RUNS

4.1 Common baserun and scenario variants input

4.2 Specification of Scenario Variants

4.3 The Hybrid Electric Furnance

5.0 SIMULATION RESULTS

5.1 Total Space Heating Energy and Fuel Mix Penetration

5.2 Ontario Housing Stock by Type of Dwelling and Period of Construction Mix

5.3 Comparative Scenario Fuel Usage

5.4 Comparative Scenario Housing Stock

1.0 INTRODUCTION

1.0.1 This paper, in response to the recently published National Energy Program, presents three alternative off-oil scenarios for the Ontario space heating market. The three off-oil scenarios consist of a 35% and 65% conversion rate of pre-1971 built houses to gas, electricity or electric-oil hybrid heating for the 1982-86 and 1987-1991 periods respectively. The results are compared in 1986 and 1991 against a "business as usual" or baserun for fuel oil savings. The results show that the reduction in fuel oil usage as a result of a government off-oil program could be 8 million barrels per year by 1986 and 15 million barrels per year by 1991. This translates into a cumulative fuel oil saving over the decade 1982-1991 of 76 million barrels of oil. These savings are over and above those achieved in the baserun which represents the natural evolution of the housing stock.

1.0.2 These results are drawn from the "Household Model" developed by the Structural Analysis Division, Statistics Canada. The "Household Model" is a simulation framework and related data base of the Canadian housing stocks, residential construction and end use articulation of energy consumption in the residential section. The purpose of the model is to provide an analytical tool for evaluating a variety of residential energy conservation strategies including thermal

retrofitting and tne introduction of new building performance standards,tne possibilities for fuel substitution afforded by equipment retrofitting, and tne impact of new technologies for space conditioning witn respect to impacts on residential energy requirements over time. Tne cnoice of Ontario was arbitrary; similar calculations can be performed for Britisn Columbia, Quebec, and tne Maritime and Prairie regions. Tnese scenarios are not to be construed as forecasts nor in fact accepted policy alternatives. Tney are, nowever, to demonstrate tne capabilities of tne "Household Model" in performing time structured fuel substitution strategies to examine tne impact of tne structural requirements of tne space neating market.

1.1 Background

1.1.1 Tne Household Model is an independently operating block of tne Long Term Model(LTM) currently under development by tne Structural Analysis Division. Altnougn tne Household Model parameters and reports nave been designed for independent operation tne calculations will eventually be incorporated as a block in tne LTM. Tne Household Model is structural rather tnan benavioural. Tnat is, tne universe of Canadian nouses is described in great detail using data from tne census, tne ENERSAVE survey, and tne CMHC nousing data. Tnis structural picture is tnen allowed to evolve according

to user specified scenarios. Periodic energy aggregations then provide snapshots of energy usage levels through a twenty five year time horizon.

1.2 User Interface

1.2.1 The model inputs have been set up in tabular form with row and column identification so that data entry is controlled and documented as it enters the input stream to the model. Several ancillary computer programs have been written to translate the user's scenario into the detailed time series of matrices required by the model. Some of these programs play the role of data organizer both eliciting data from the user and setting up the structures needed by the model. Other programs extrapolate trends and create the input time series which can then be edited in detail.

1.3 Organization of the Paper

1.3.1 The block structure of the model is described in section 2 together with a description of each block as to function and user input options. Section 3 outlines various ways of using the model including the technique involved in producing the off-oil projections. Section 4 and 5 detail a set of scenarios run through the model and explicates the results using graphs and tables from the model. Following the paper an appendix is included that details some

assumptions implicit in the energy demand calculation.

2.0 HOUSEHOLD MODEL STRUCTURE

An overview of the model structure is depicted in figure 2.0. The model consists of six major calculation blocks:

2.1 1971 base housing stock;

2.2 Demolition of base housing stock;

2.3 Thermal retrofit of base housing stock;

2.4 Heating equipment retrofit of base stock;

2.5 New housing (Post 1971) requirements;

2.6 Aggregate energy requirements for space and water heating in the total housing stock.

The main input and output variables are listed in figure 2.0 and the time loop shows that block 2.1 is performed initially and remains outside the loop, whereas blocks 2.2 to 2.6 are within the time loop and so represent evolution of the variables over the twenty five year simulation time horizon. These blocks are described in more detail:

The sections that follow describe the blocks, inputs and outputs shown in figure 2.0.

2.1 1971 Base Housing Stock

This block reads and interprets historical and parametric data needed to form a base for the future scenario.

Inputs here include those described under subsection 2.1.1 to 2.1.5.

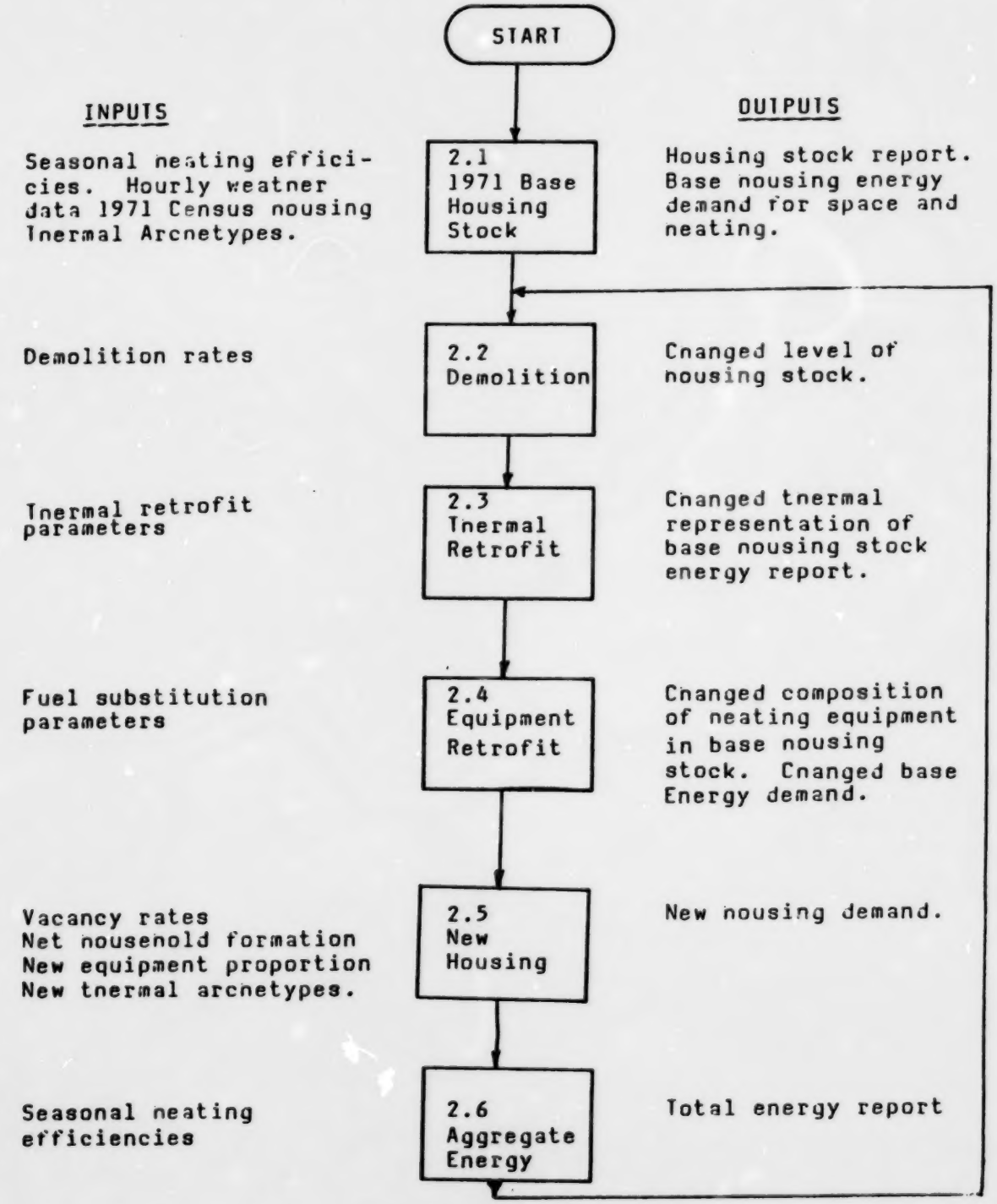


FIG. 2.0 HOUSEHOLD MODEL STRUCTURE

2.1.1 1971 Base housing stock which is stratified by type of housing, period of construction and heating equipment class.

Housing Type: 1. Single detached (this includes mobile home);

2. Semi detached and duplex;

3. Row houses and single attached;

and 4. Apartments.

Period of Construction:

built

1. 1920 or before
2. 1921-1945.
3. 1946-1950.
4. 1951-1960.
5. 1961-1965.
6. 1966-1970.
7. in 1971.

Heating Equipment Type

1. Water Oil (WO)
2. Water Gas (WG)
3. Water Solid (WS)
4. Hot Air Oil (HO)
5. Hot Air Gas (HG)
6. Hot Air Solid (HS)
7. Electricity (this includes both baseboard heaters and furnace) (EE)

8. Space Oil (SO)
9. Space Gas (SG)
10. Space Solid (SS)

Water refers to not water or steam, not air means forced air with ducting and space means point of use equipment such as oil space heaters or wood stoves. Allowance has been made in heating equipment categories to include seven more heating equipment types which reflect the use of hybrid technologies.

These are:

8) Saskatchewan House (SH)
9) Heat Pump - Oil (PO)
10) Heat Pump - Gas (PG)
11) Heat Pump - Electric (PE)
12) Heat Pump - Solar (PS)
13) Gas - Solar (GS)
14) Electric Solar (ES)

The Heat-Pump categories could also reflect conventional electric & oil and gas hybrids. The only difference in the calculations would be in the seasonal heating efficiencies used.

2.1.2 The thermal characterization of the base housing stock was obtained from Energy Mines and Resources (EM&R) ENERSAVE data. A cross tabulation of three house component (ceiling, wall and basement wall) insulation levels by period of construction of the dwellings gave distributions of twenty thermal archetypes in the stock.

2.1.3 The physical characteristics of the housing stock were obtained from Canada Mortgage and Housing (CMHC) 1969 material input survey. These include area sizes for the following house components by the four types of dwellings described earlier:

1) Wall;
2) Ceiling;
3) Basement Wall;
4) Window;
5) Doors;

and 6) Average Liveable Area.

These parameters are time dependent and so can be changed to reflect an increase or decrease in average dwelling sizes.

2.1.4 Weather tapes were obtained for 13 locations in Canada from the National Research Council and give hourly ambient temperatures and solar heat gain factors. These data were sampled every four hours and were population weighted to reflect the five regions of Canada average weather conditions. Four hourly data enables the model to perform dynamic heat load analyses necessary to investigate the impact of hybrid electric or heatpump technologies. This will be described in more detail later.

2.1.5 For the base stock an initial table of seasonal heating efficiencies by heating equipment type and fuel type is specified as given in the following table: These efficiencies reflect average seasonal heating efficiencies, and can be changed in future periods to reflect increases in efficiencies. The energy output is particularly sensitive to changes in overall seasonal heating efficiencies and so must be considered within this modelling framework as one of the more important determinants of total energy demand.

EFFICIENCIES

	OIL	GAS	ELE-RES	ELE-HP	ELE-MOT	SOLID	LPG
WATER-OIL	55	0	0	0	100	0	0
WATER-GAS	0	60	0	0	100	0	0
WATER-SOLID	0	0	0	0	100	55	0
HOTAIR-OIL	55	0	0	0	100	0	0
HOTAIR-GAS	0	60	0	0	100	0	0
HOTAIR-SOLID	0	0	0	0	100	60	0
ELECTRICITY	0	0	100	0	0	0	0
SPACE-OIL	55	0	0	0	0	0	0
SPACE-GAS	0	0	0	0	0	0	60
SPACE-SOLID	0	0	0	0	0	55	0
SASK HOUSE	0	0	0	0	100	0	0
HP-OIL	55	0	100	200	100	0	0
HP-GAS	0	60	100	200	100	0	0
HP-ELE	0	0	100	200	100	0	0
HP-SOLAR	0	0	0	200	100	0	0
SOLAR-GAS	0	60	0	0	100	0	0
SOLAR-ELE	0	0	100	0	100	0	0

2.1.6 Output from block 2.1 includes a base housing stock report and a 1971 base housing energy demand for space and water heating.

2.2 Demolition

2.2.1 Inputs to block 2.2 include user constructed demolition rates, another time dependent variable which creates changes in the old housing stock levels. The demolition rates are specific to the type of house and period of house construction.

2.2.2 Output from block 2.2 includes a changed level of base housing stock report.

2.2.3 Demolition can be regarded as part of the background scenario. However, simulation results can be very sensitive to the demolition rates. In most impact studies the demolition values are not crucial so long as they do not distort the stock distribution by either completely ignoring or greatly over stating natural attrition. For example, the assumption that no demolition occurred, or that all demolition rates are set to zero, would seriously distort the model's energy outputs. The older stock which was not destroyed has poor insulation levels; in fact, it is so much poorer than newer stock that the dwelling heat loss turns out to be a strongly non-linear function of dwelling age. Retrofit action occurring on this older stock would give the erroneous impression that large energy savings were being effected through retrofit.

2.2.4 We have derived a reasonable procedure for the estimation of demolition rates; inputs to the procedure are:

1) A constant demolition rate for all stock older than twenty years;

2) A set of weighting factors for demolition of the different dwelling types;

and 3) A set of weighting factors for the demolition of dwellings of the different periods of construction.

2.3 Thermal Retrofit 2.3.1 This block inputs the user's estimates of home owner's insulation retrofit propensities. That is, if a house is insulated to R20 in the ceiling, what is the chance that the owner will upgrade his insulation to R28. Four heat loss areas are considered; ceiling, walls, basement, and air infiltration. Again, this is a time dependent variable which traces the behavior of the average homeowner forward in time as far ahead as 2001. The changed insulation levels are applied to the old housing stock and the improved energy needs calculated.

The output from block 2.3 includes those described under subsections 2.3.2 and 2.3.3.

2.3.2 Changed thermal representation of the base housing stock.

The housing stock broken down by thermal archetype and type of dwelling together with the percentage distribution of the archetypes for each period of construction is given. This table can be compared with that given at the start of the simulation to calculate how many dwelling have been upgraded as a result of the thermal retrofit parameters specified in 2.3.1.

2.3.3 An energy report for the base housing stock giving the changed energy demand for space heating as a result of the thermal retrofitting allows the user to calculate the savings due to insulation upgrading.

2.4 Equipment Retrofit

2.4.1 The input variables for this block are the largest single user input to the model. They consist of transition probability arrays, for each housing type, showing movement of housing stock between the different types of heating equipment. Heating equipment installed in the housing stock is described in the model by the categories listed in 2.1.1. Since there are 17 of these categories changes from one equipment type to another can be shown by a 17 x 17 square matrix of proportions. Such an array is provided for each dwelling type and for each simulation period and is given in the following table. This time series variable consists of such a large number of data points, up to 2890

through the year 2001, that projective generator programs have been written to aid the user.

2.4.2 The output from block 2.4 includes a report on the changed composition of the base housing stock by type of heating equipment. From these tables the user can determine the existing stock of dwellings by heating equipment type and also keep track of how many dwellings have converted from one fuel source to another.

2.4.3 The base energy demand is also output. This would change as a function of the different seasonal heating efficiencies of the equipment types.

2.5 New Housing

Inputs here include those described in subsections 2.5.1 to 2.5.4

2.5.1 Projections of net household formation used in this model were obtained from Statistics Canada's population model, recently disaggregated by province. These data were obtained from the Demographic Division, Statistics Canada. The net households used in the example scenarios correspond to the B series. The assumptions associated with the B series are:

a) "low" neadsnips rates wnicn are tne same as tne "Hign" rates used in series A until 1991 and lower tnereafter such tnat tne 1986 rate of tne "Hign" is reacned in 1991. Tne "Hign" rate is defined as 1966-1976 neadsnip rates exponentially extrapolated to 1991 and tne 1991-2001 rate is neld constant at tne 1991 rate.

b) Tne population series 3 is used (see SIC 91-520)

c) Tne fertility rate of 1.8 for 1976 and 1.6 for 1991 and tnereafter.

d) A net international migration rate of 750,000 was used togetner witn tne following series of net interprovincial migration rates:

1976-1981	1981-1986	1986-2001
40,500	48,000	47,500

2.5.2 Vacancy rates obtained from CMHC are included nere to translate nousenolds into new dwellings actually built, wnicn will exceed new nousenolds by a small percentage.

2.5.3 Data on tne penetration of neating equipment types installed in nouses built from 1971 to 1979 were obtained

from Ontario Hydro's electrical inspection records. These data were linearly extrapolated to obtain the post 1980 equipment breakdown of the new housing stock.

2.5.4 In each period, specification of the thermal representation of houses built in that period must be made. These parameters reflect current building codes and performance measures which will become mandatory in future new house construction.

2.6 Aggregate Energy

2.6.1 This block aggregates the energy used by the many subdivisions of the housing stock and extracts a grand total, and subtotals by fuel and housing type. The aggregate energy calculations can be invoked between all the blocks in figure 2.0 to show changes in energy levels due to specific retrofits. The reports generated also subtotal domestic hot water energy needs.

2.7 The Looping Pattern

2.7.1 The model moves forward in time by five year increments starting with the five year period 1972-1976. The data input by the housing block is for 1971 and the first period of operation is the 1972-1976 period. The retrofitting and demolition variables for any time period refer to changes

that are expected to occur during the preceeding five years; that is, variables for 1976 refer to the 1972-1976 interval including 1976. Following this scheme, the model was calibrated with partial data available during the 1972-1976 and 1977-1981 thus leaving the 1982-1986, 1987-1991, and subsequent periods for the user. Naturally, the calibration period can also be used to make assertions about what has happened during the last ten years. All reporting is also done on a five year basis. The time loop indicated in the block diagram above shows where the calculations are commenced for each period.

2.8 Hybrid Heating Dynamic Load Analyzer

2.8.1 Since the energy demand calculations for space heating in the Household Model are performed on an hourly basis we have recently implemented a dynamic load analyzer into the existing framework of the space heating calculations such that appropriate base load capacity and peak load problems associated with the possible conversion to hybrid electric heating can be impacted on the residential energy demand sector.

2.8.2 The principal cause for considering a dynamic load analyzer lies in the transient nature of the annual heating requirements. For example only approximately 4% of the total annual energy requirements occur when the heating

demand is nigner tnan 60% of tne maximum. In otner words most of tne annual space neating energy is needed during tne less cold days. In a purely electrically neated nome tne installed neating capacity is designed to meet tne peak neating loads (normally in January, tne coldest montn) wnicn occur only during a snort part of tne neating season. In a nybrid neating system tne electrical portion could be designed to meet a little over nalf tne annual demand yet would nave an installed capacity of less tnan a quarter of tnat needed to meet tne peak neating load. Tne electric portion of tne nybrid system (installed base load electrical capacity) would be used during "off-peak" periods to avoid ennancing tne existing peak loads and tne supplementary oil or gas neating system would meet tne neat requirements during tnese "peak" periods.

2.8.3 Tne dynamic load analyzer requires as input regional specified January design temperatures to calculate tne peak neating requirements. Tnese peaks would vary according to tne size and tnermal character of each dwelling type. Knowing tne peak neating requirements tne base capacity for tne nybrid can be calculated as a proportion of tnis peak. Conversion rates of pre-1971 built nouses to nybrid neating would be specified in tne equipment retrofit input paramters.

3.0 SIMULATION DESIGN

3.1 Simulation and Forecasting

3.1.1 Time structured analytical devices such as the Household Model can be used in either simulation or forecasting mode. Simulation implies the specification of a subset of the model's exogenous parameters which reflects the user's perception of a "future which may happen" as a result of either government policies or prevailing market forces. For example, in the energy domain the model user could simulate a dramatic shift off-oil for space heating in the next decade. The user could hypothesize either a shift to gas, electricity or a combination of both. In order to measure the effect of such alternatives a "baserun" or "business as usual" run would have to be obtained to provide a bench mark against which the alternative scenarios could be compared.

3.1.2 Forecasting, however, implies the estimate of model input-parameters through either econometric techniques which reflect the response of consumer's behavior to price variations or through projective machinery such as a demographic model. The outcome of the model would constitute a 'forecast'; a "future wich is expected to happen." Forecasting is normally performed for the short term future whereas simulation exercises examine long term

structural changes in the economy. The Household Model is predominantly used in simulation mode due to its detailed input structure and articulation of major policy exogenous variables. However, it has and can be used for short-term forecasts of space heat demand.

3.2 Example Simulation Exercises

3.2.1 In order to demonstrate the simulation capabilities of the Household Model the model runs of section 5 will be used. These runs show the impact of an off-oil program on the space heating market and overall energy demand.

3.2.2 First of all a base run or 'business as usual' scenario was constructed through the specification of all the input variables outlined in section 2, The specification of the variables were chosen to be reasonable both in respect of current trends and in respect of the model's internal restrictions. That is, we have not biased it in favour of one vision of the future over another. In fact a middle of the road or average choice of the input values were used. The construction of the baserun provides a bench mark against which the variant scenario as result of the perturbation of some of the baserun's inputs can be compared.

3.2.3 The variants from the base run scenario illustrated in

section 5 were obtained by perturbing the fuel substitution parameters such that they reflected three possible off-oil futures. These variants can be compared with the baserun for oil and overall space heating energy savings. Each of the variants represents a different specification of the equipment retrofit proportions such that large scale substitution of gas, electricity and hybrid heating systems were effected.

3.2.4 Market Analysis

The aggregate impact of all the forces at work within the housing stock can be seen at each five year period in their effects on stock levels with specific characteristics. For example, the number of houses in the old stock (pre 1971) that are still being heated with oil in the future period and whose furnaces are, at that future time, oversized due to insulation retrofits can be obtained from the model's stock reports. The regional weather effects on heating equipment for both new and old stock can be investigated by using the various regional weather information available to the model through its data base. This could, for example, establish the market for heat pumps in a region specific way.

4.0 SPECIFICATION OF MODEL RUN

4.1 Common baserun and scenario variants input

4.1.1 This section outlines the inputs that distinguish the baserun scenario from its scenario variants. First of all the inputs that are common to the baserun and the variants are listed below:

1) Seasonal heating efficiencies (EFFY);
2) Demolition rates (DEMO);
3) Thermal retrofit parameters (KRET);
4) Thermal archetypes of new housing (NEWA);
5) Demographic variables (DELH);

and 6) New housing breakdown of heating equipment (PHBX).

4.1.2 The four letter acronym attached to each input type is used as a suffix identifier on DEC PDP 11-40 files. The prefix to this file identifier would either be a standard or regionally specific identifier. For example, Ontario standard demographic input data would be called ONTRDELH. A variant from this would contain a portion of the prefix together with some identifier which the user understands to signify that variant. For example using a series A demographic data obtained from the Demographic division's standard published household projection series could be called, ONAADELH. These conventions are necessary to help

keep track of a data base of input files for the household model. The perturbations and combinations of input files to create a multitude of scenarios necessitates the use of a file management system which has not as yet been implemented.

4.2 Specification of Scenario Variants.

4.2.1 The variants to the base scenario are obtained by altering the baserun equipment retrofit (ERET) parameters to produce the following three distinguishable scenario variants:

1) High gas scenario variant (HGAS)
2) High electricity scenario variant (HEEE)
3) Hybrid-oil scenario variants (HYBR)

All three variants HGAS, HEEE and HYBR were obtained by altering, quite drastically, the equipment retrofit percentages of the baserun equipment retrofit file (BASE) in periods 1981-1986 and 1987-1991.

In short we attempted to simulate what effect an off-oil government program would have in the next ten years. The specification of the ERET parameters for the 1972-81 period are of course historical, even though conversion data are not readily available. The periods 1992-2001 were the same in the HGAS, HEEE and HYBR as the BASE ERET file since most of the stock of oil dwellings which could be converted to

either gas, electricity or hybrid-oil heating have already been converted in the period 1981-1991.

4.2.2 The HGAS, HEEE and HYBR scenario variants have identical conversion rates in the two periods 1981-86 and 1987-1991. They only differ by the fuel to which the oil heated homes are being converted. These rates for the respective periods off-oil to either gas, electricity or hybrid-oil are:

1981-86 35% conversion rate

1987-91 65% conversion rate

4.3 The Hybrid Electric Furnace

4.3.1 A non-linear effect can be introduced by including the hybrid equipment in the calculations. Hybrids operate by providing all the energy needed by a house up to a certain amount by using one fuel by itself; then, when more energy is needed, it is supplied by a second fuel. The first fuel thus supplies the base load and the second fuel serves as a backup when the weather gets cold enough to outstrip the capacity of the base energy source. There are two flavors of these hybrids which differ in what happens at the changeover point:

1. the base load fuel is not used after the change over and

the entire heating load is supplied by the backup fuel;

and 2. the base load fuel continues to supply the maximum of its capibilities and the backup fuel merely fills in the gap.

4.3.2 The Household Model uses the second option in the scenarios that follow in part five. The user determines the changeover point by specifying a percentage of the a priori house design heating capacity to be supplied by the base fuel. The Household Model will support three types of hybrid at once. It also allows the fuels used to be user specified and the changeover points to be specific for type of house and hybrid type.

5.0 SIMULATION RESULTS

The results from the base run scenario and the three scenario variants are presented graphically in charts 5.1.1 to 5.4.4. These results are described in the following sections 5.1 to 5.4; each section refers to a particular class of graphical output. Associated tabular output is also given in tables 5.1.1 to 5.4.1.

5.1 Total Space Heating Energy and Fuel Mix Penetrations.

5.1.1 Charts 5.1.1 to 5.1.4 describe the impact of the baserun and three variant off-oil scenarios on the total space heating energy requirements and the resultant fuel mix proportions. There are two scales on each chart. The solid lines represent fuel mix percentages and are interpreted on the left Y-axis. The broken line gives the total space heat energy demand and is to be interpreted on the right Y-axis. Table 5.1.1 gives the total space heat energy and energy by fuel type for the BASE run and HGAS, HEEE and HYBR variant scenarios.

5.1.2 We see that there is, in chart 5.1.1, a gradual but steady reduction in fuel oil usage. This, the baserun underlies all the off-oil scenarios in charts 5.1.2 to 5.1.4. We appear to have therefore, an underlying "off-oil program" situation. This can be explained by an extant conversion

situation of oil to gas and electricity as well as few houses constructed since 1971 have oil furnaces installed.

5.1.3 Due to a program of upgrading the thermal integrity of older houses (Canadian Home Insulation Program) and the increased thermal efficiency of new houses, the total energy demand over the 25 year time horizon actually declines. In the high gas, high electricty and hybrid scenario variants, we see, of course, a much more rapid decline in fuel oil usage. The high electricity scenario gives the lowest total energy demand curve. This is due to the much higher end use efficiency of using electricity.

5.2 Ontario Housing Stock by Type of Dwelling and Period of Construction Mix.

5.2.1 Chart 5.2.1 gives the projection of the total housing stock for Ontario shown by the broken line which is read off the right Y-axis. The total housing stock increases from 2.7 million to 4.3 million, an increase of approximately 60%, despite a reduction in overall energy usage for space heating as seen in charts 5.1.1 to 5.1.4. The decline in market share of the single detached dwellings is taken up by the increases in the multiple family type housein, (apartments, row houses, and semi detached and duplexes). Table 5.2.1 gives the housing stock by type of dwelling which was used in chart 5.2.1.

5.2.2 Chart 5.2.2 shows the evolution of the old and new housing in a comparison bar chart format. Old houses refer to those constructed prior to 1971 and new houses refer to those built after 1971. By the year 2001 there are more post 1971 built houses than pre 1971 built. This implies that the overall thermal efficiency of the housing stock, which is normally attributed to more modern houses, is increasing. Table 5.2.2 outputs the pre and post 1971 housing stock for the 1976-2001 period.

5.3 Comparative Scenario Fuel Usage

5.3.1 Charts 5.3.1 to 5.3.3 show for each of the fuels, oil, natural gas, and electricity the comparative fuel usage in natural units for the baserun and the three scenario variants. In chart 5.3.1 the amount of oil saved between the baserun and the scenario variants can be gauged at each point in time. Tabular output associated with these charts is given in tables 5.3.1.

5.3.2 Also the relative saving of oil from period to period can be measured off these charts. We see that the baserun decline in oil use provides quite substantial savings witnout any external interventions. The natural gas and electricity charts 5.3.2 and 5.3.3 respectively show the growth in these fuels from period to period as well as intra period scenario variant changes.

5.3.3 Fuel Oil Savings

Chart 5.3.4 shows the fuel oil usage for the Baserun and the Off-oil scenario. The difference between these curves gives the savings in fuel oil over time as a result of a government off-oil program. The area under the difference curve gives the cumulative fuel oil savings over the projected time horizon.

5.4 Comparative Scenario Housing Stock.

5.4.1 The final set of charts 5.4.1 to 5.4.4 show for each of the heating equipment types: oil, natural gas, electricity, and hybrid electric oil the comparative stocks of housing in thousands of houses for the baserun and three scenario variants. These charts are almost identical in form to the previous fuel usages comparative charts. They differ in the representation of the hybrid electric oil dwellings. These housing stock charts distinguish the hybrid electric oil houses as separate equipment types, showing in chart 5.4.4 the penetration for the hybrid scenario of the hybrid electric oil furnace. In chart 5.3.1 (fuel usage chart) the oil used in the hybrid is of course added into the fuel category as is the electricity in chart 5.3.3. These stock charts are useful for analyzing the market requirements for furnaces of a particular type. For example the requirements for gas and electricity furnaces can be

estimated from charts 5.4.2 and 5.4.3.

Tabular output associated with charts 5.4.1 to 5.4.4 is given in table 5.4.1.

Figure 5.1.1

Ontario Space Heat Baserun

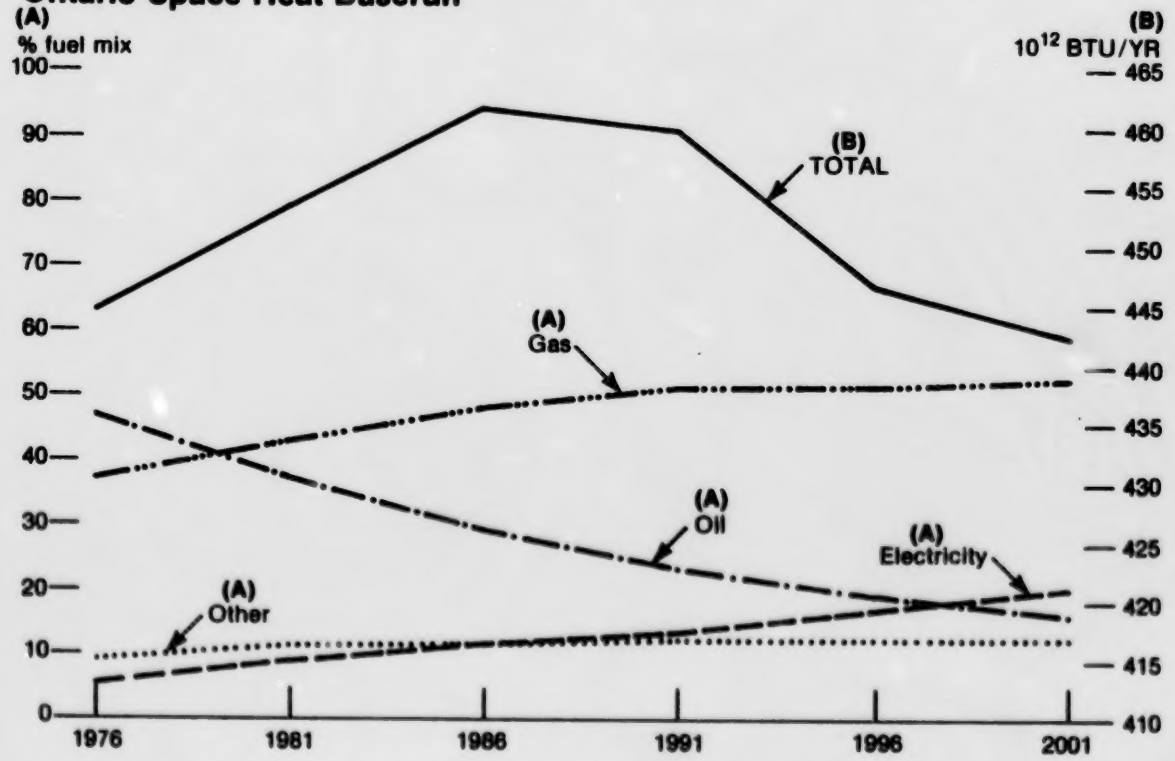


Figure 5.1.2

Ontario Space Heat High Gas Scenario

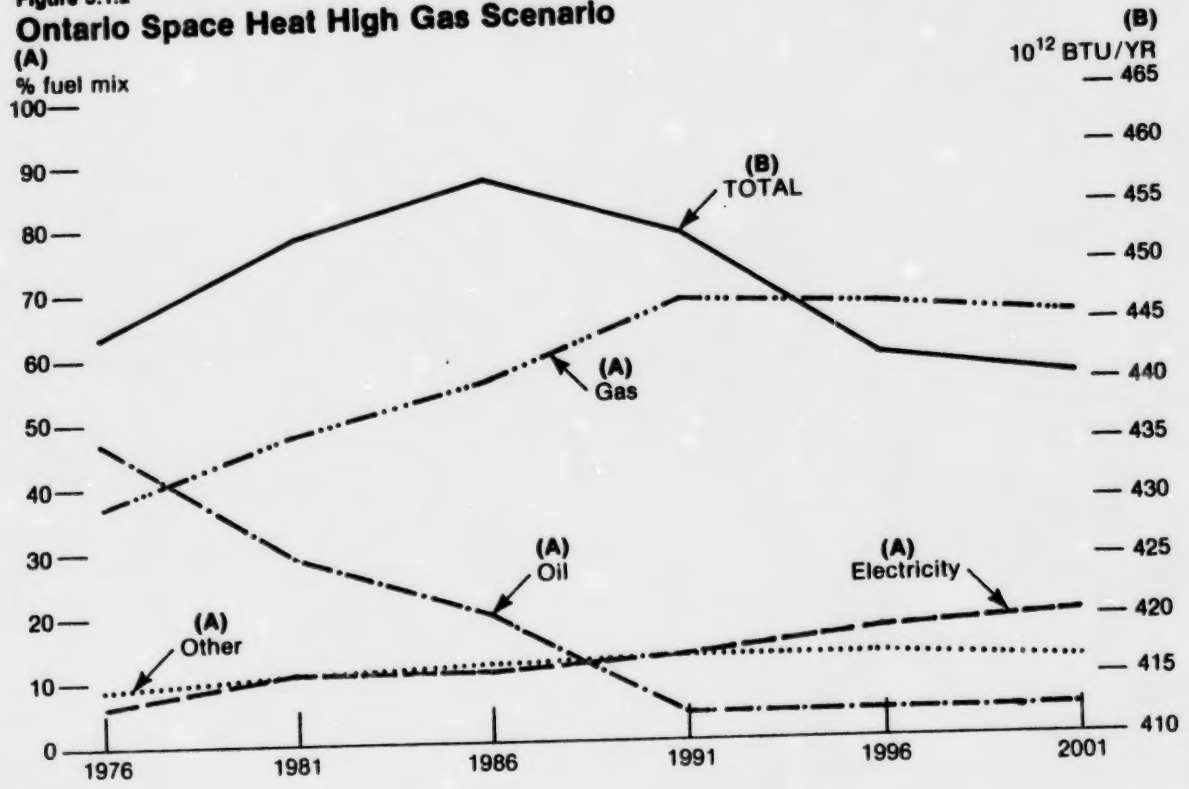


Figure 5.1.3

Ontario Space Heat High Electricity Scenario

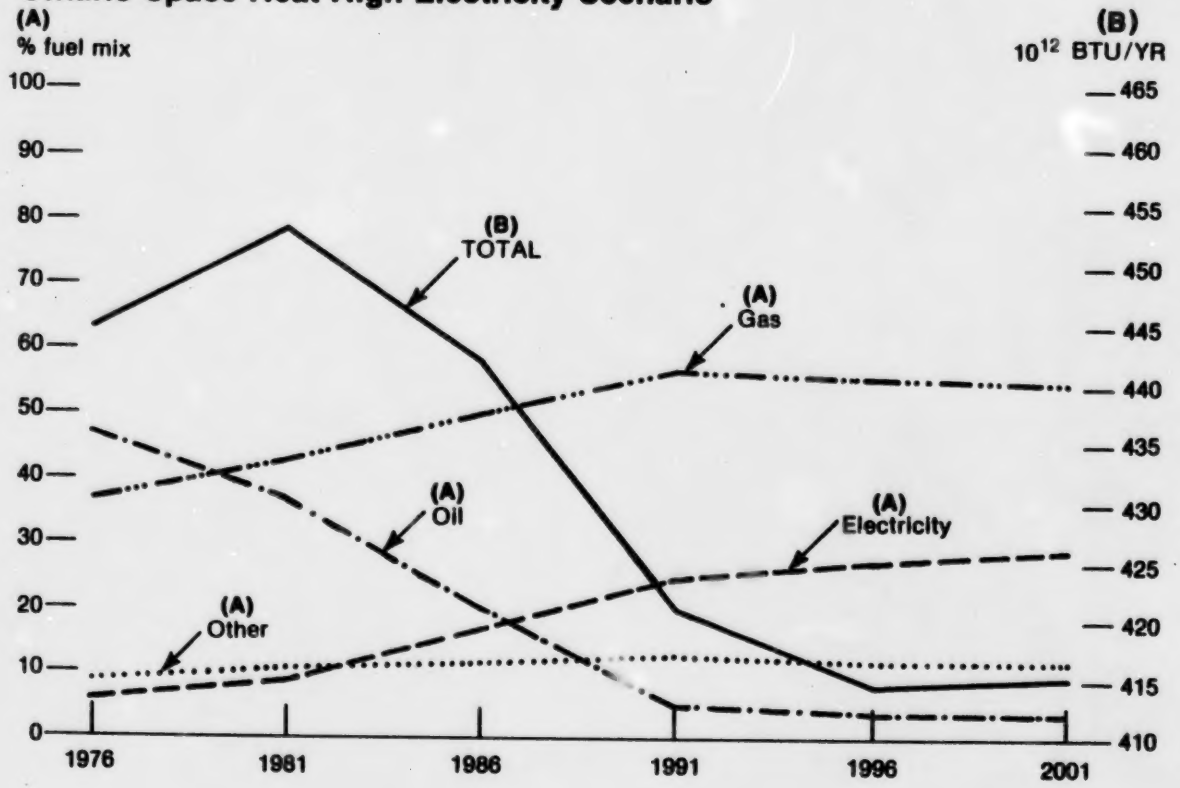


Figure 5.1.4

Ontario Space Heat Hybrid Oil-electricity

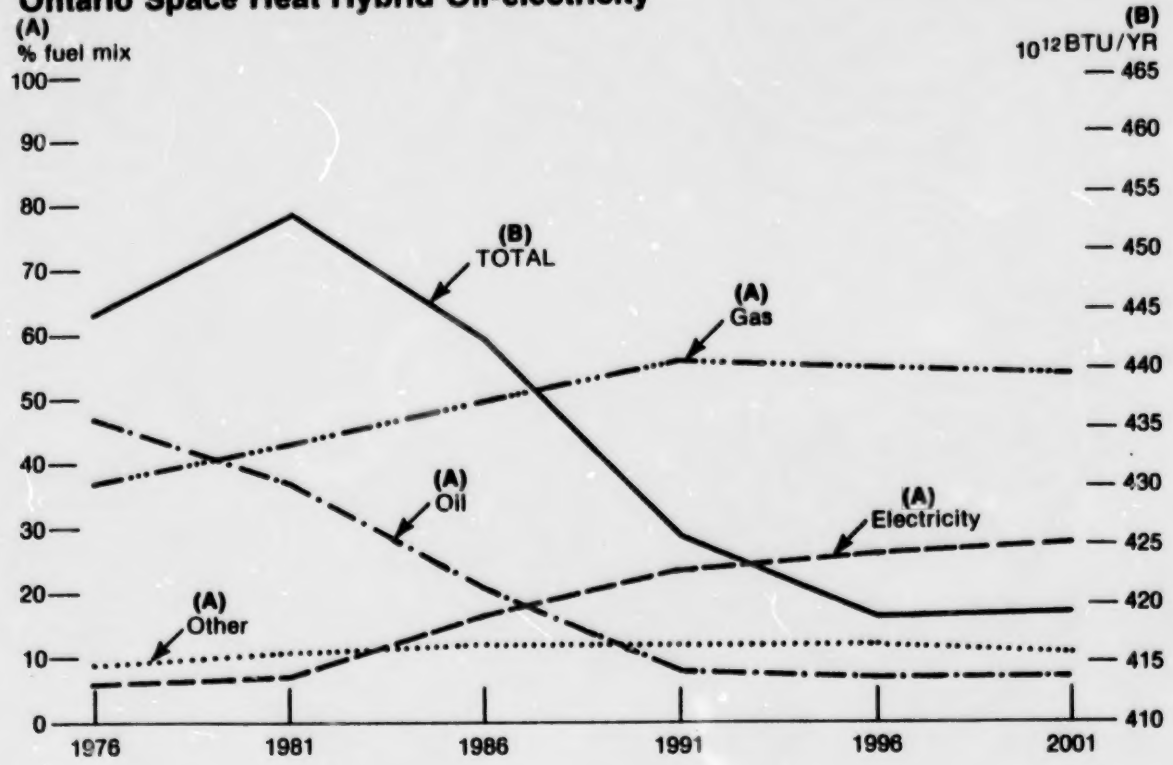


Table 5.1.1 Ontario Space Heat Energy Demand by Fuel and Total Energy 10^{12} Btu/yr. for the BASE run and HGAS, HEEE, HYBR scenarios.

YEAR	SCENARIO	OIL	GAS	ELECT.	OTHER	TOTAL
1976	BASE	208.9	166.3	28.2	41.7	445.0
	HGAS	"	"	"	"	"
	HEEE	"	"	"	"	"
	HYBR	"	"	"	"	"
1981	BASE	168.2	197.6	39.9	48.1	453.8
	HGAS	"	"	"	"	"
	HEEE	"	"	"	"	"
	HYBR	"	"	"	"	"
1986	BASE	135.8	220.9	52.5	52.8	461.9
	HGAS	90.0	259.1	52.5	56.5	458.1
	HEEE	90.0	222.5	75.5	54.1	442.1
	HYBR	93.1	222.5	74.9	52.1	442.6
1991	BASE	108.8	233.7	62.2	55.2	459.9
	HGAS	20.5	311.0	61.0	60.9	453.4
	HEEE	20.5	238.8	106.9	55.1	421.3
	HYBR	33.4	238.8	101.4	52.5	426.1
1996	BASE	85.6	230.2	76.3	54.5	446.6
	HGAS	18.5	295.0	73.6	55.8	442.8
	HEEE	18.5	231.3	114.0	50.9	414.6
	HYBR	30.4	231.3	108.7	48.7	419.1
2000	BASE	69.7	229.3	89.2	54.3	442.6
	HGAS	17.3	285.4	85.4	52.5	440.6
	HEEE	17.3	227.6	122.1	48.2	415.1
	HYBR	28.7	227.6	117.0	46.2	419.4

Figure 5.2.1

Ontario Housing Stock

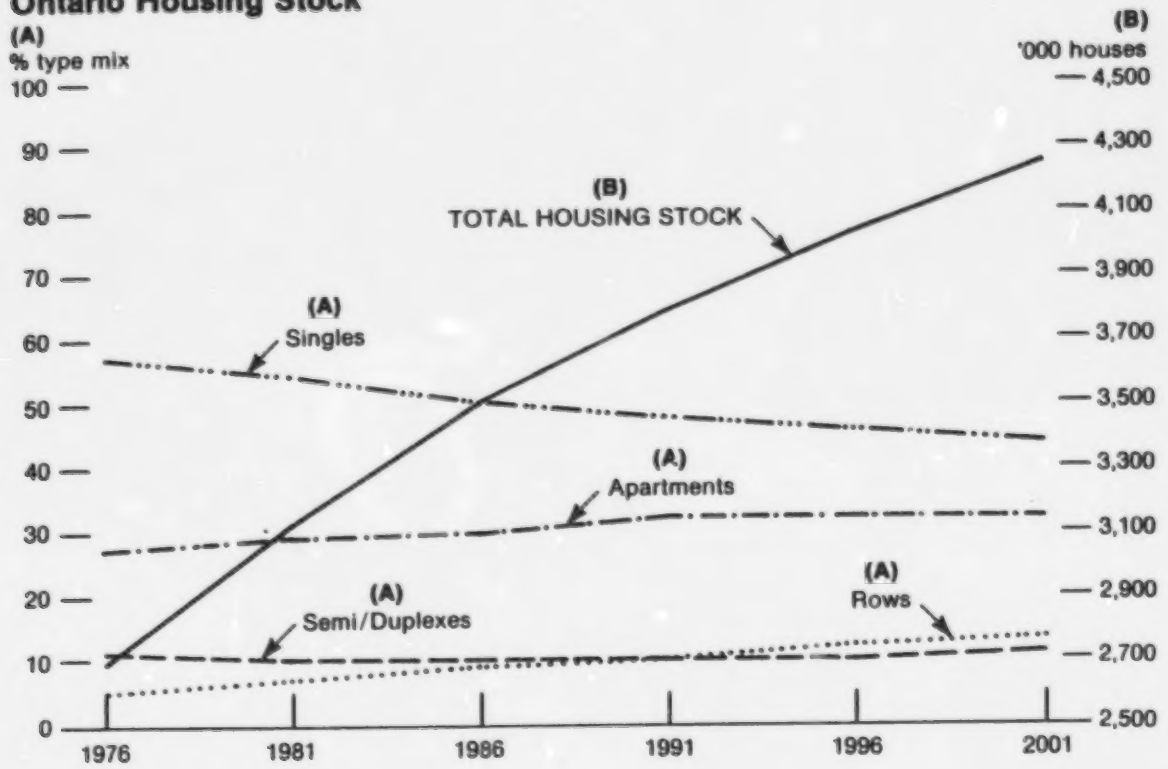


Figure 5.2.2

Evolution of Pre 1971 and Post 1971 Houses

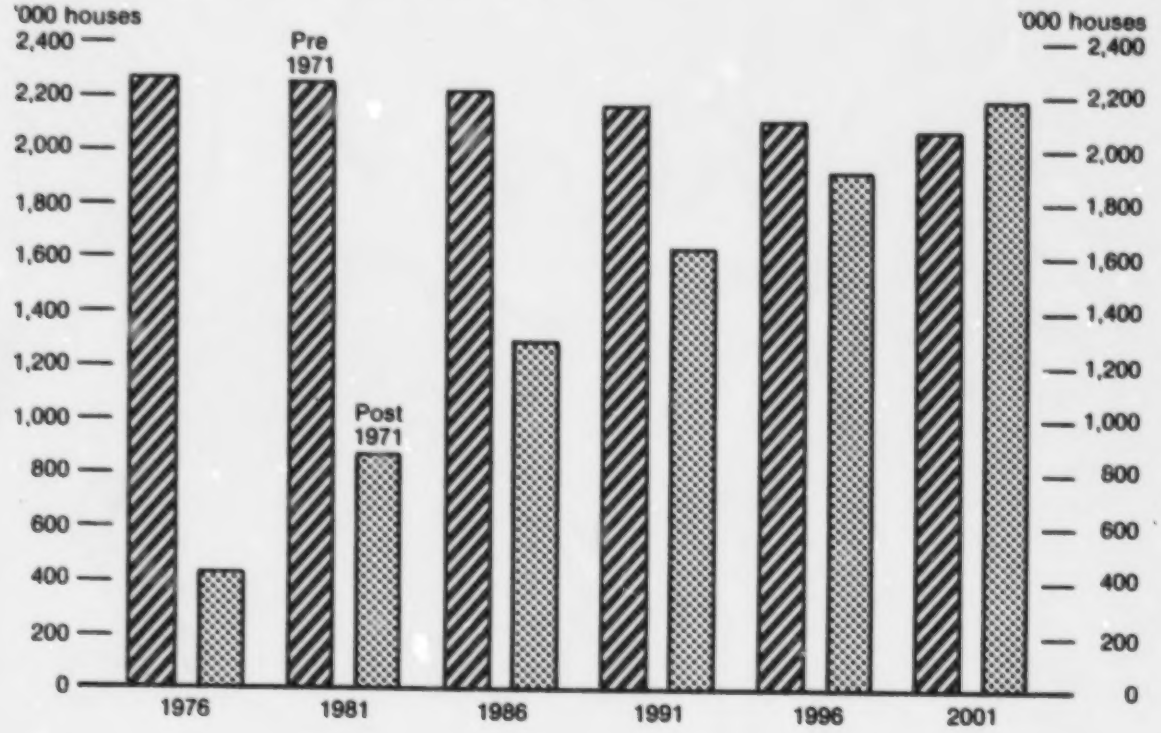


Table 5.2.1 Ontario Housing Stock by Type of Dwelling

YEAR	SINGLE	SEMI/DUPLEX	ROW	APT.	TOTAL
1976	1541854	285874	142009	725463	2695200
1981	1681589	311405	217983	903076	3114055
1986	1750080	350016	315014	1050048	3500161
1991	1821273	379431	379431	1214182	3794319
1996	1855732	403420	484104	1290944	4034201
2001	1872666	468167	553288	1361939	4256060

Table 5.2.2 Evolution of Pre 1971 and Post 1971 Houses

	Pre 1971 built	Post 1971 built	Total
1976	2276836	418364	2695200
1981	2240586	873469	3114055
1986	2202605	1297556	3500161
1991	2161072	1633247	3794319
1996	2116709	1917492	4034201
2001	2069554	2186506	4256060

Figure 5.3.1

Ontario Fuel Use Space Heat-Oil

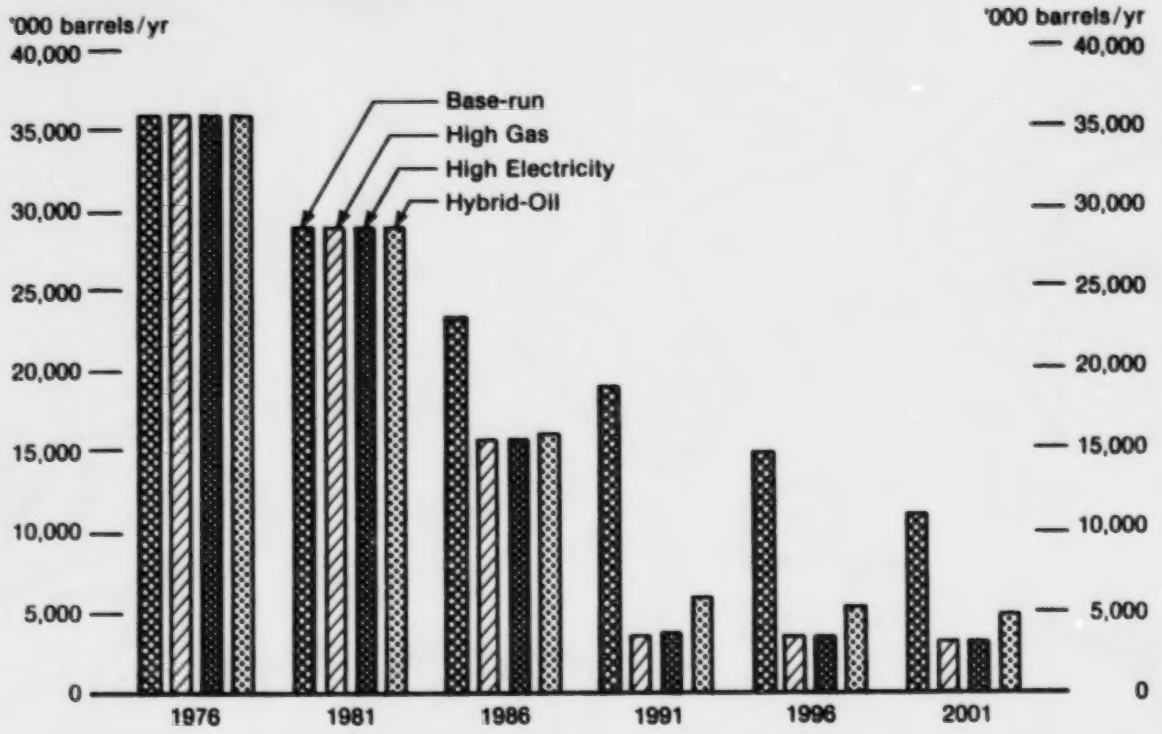


Figure 5.3.2

Ontario Fuel Use Space Heat-Natural Gas

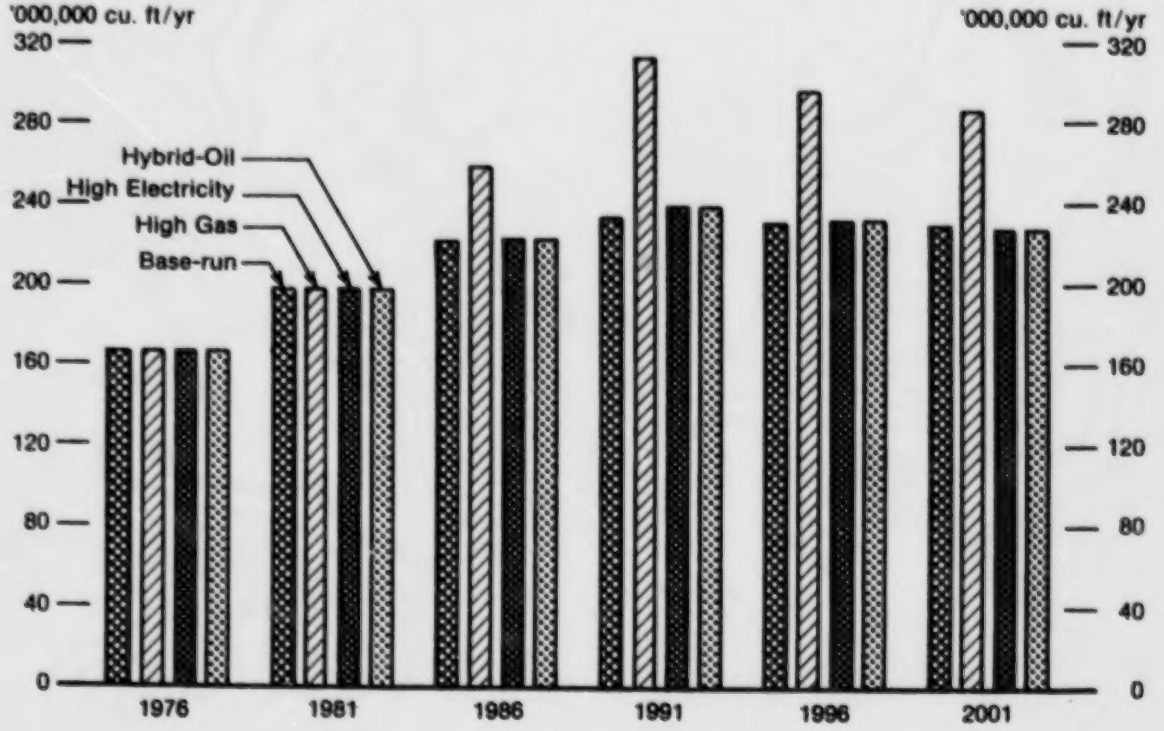


Figure 5.3.3

Ontario Fuel Use Space Heat-Electricity

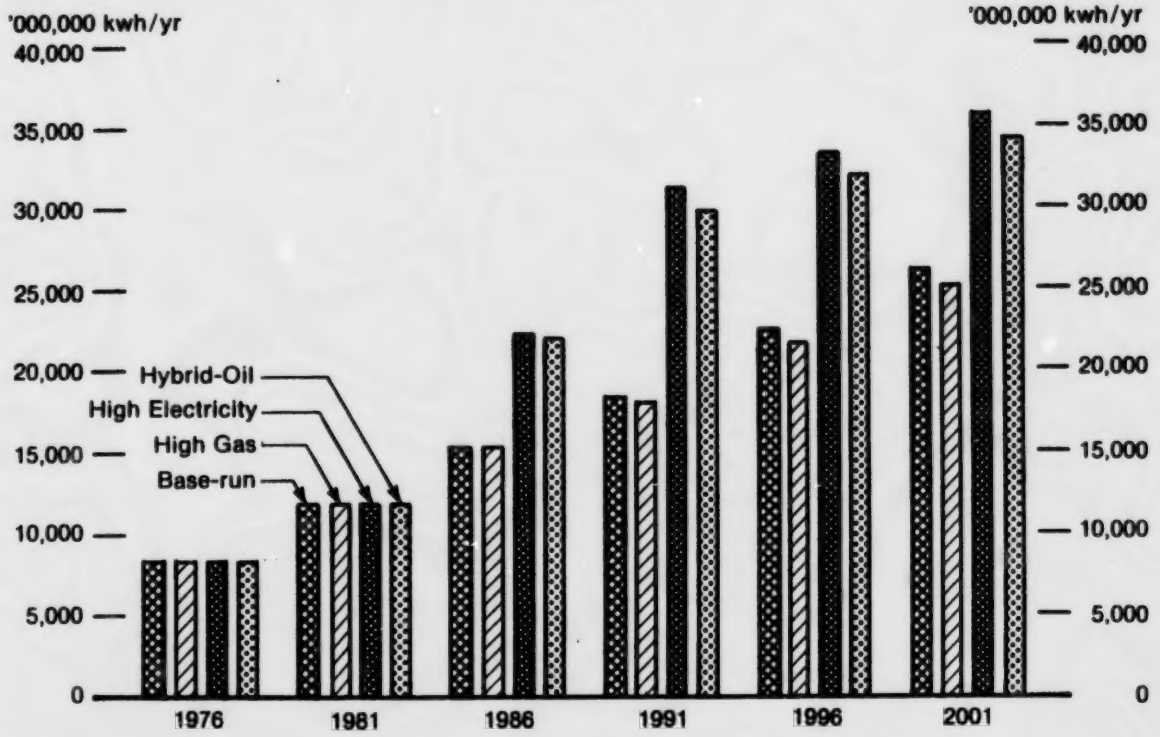


Figure 5.3.4

Ontario Fuel Oil Usage

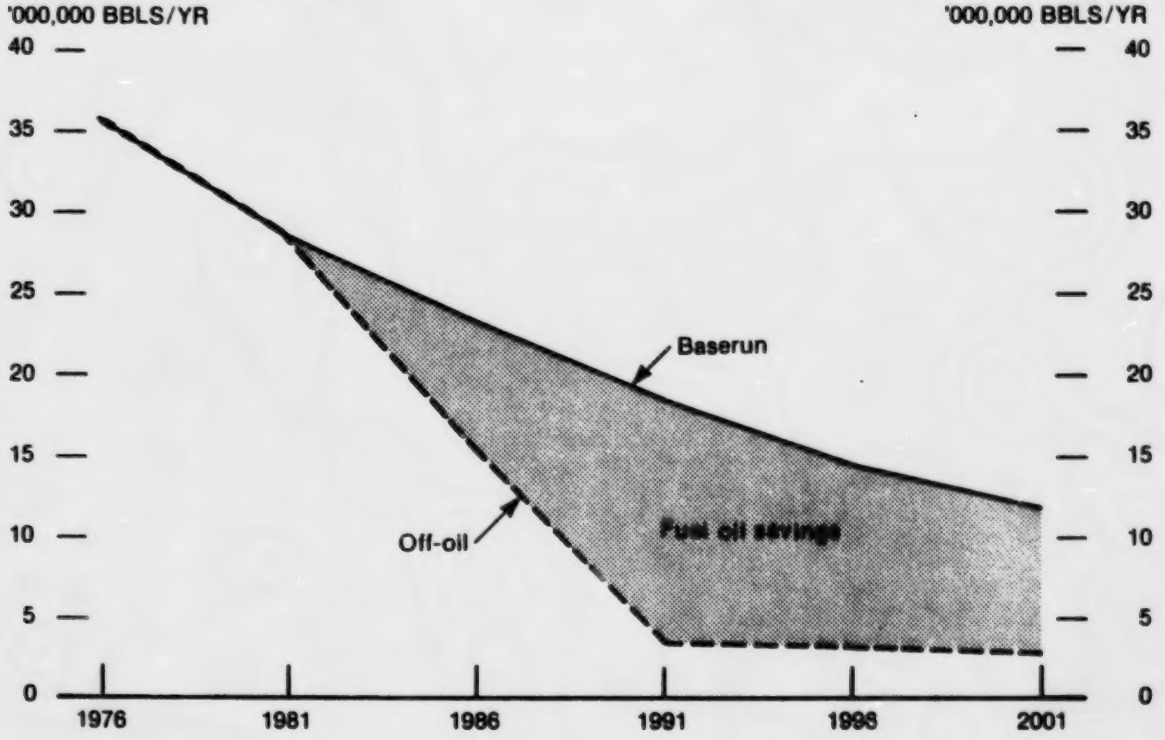


Table 5.3.1 Ontario Fuel Usage - Comparative Scenario Natural Units

YEAR	SCENARIO	OIL '000 Bbls/yr.	GAS '000,000 Cuft/yr.	ELECTRICITY '000,000 kwh/yr.
1976	BASE 1	35839	166.3	8284
	HGAS 2	"	"	"
	HEEE 3	"	"	"
	HYBR 4	"	"	"
1981	1	28861	197.6	11696
	2	"	"	"
	3	"	"	"
	4	"	"	"
1986	1	23295	220.9	15372
	2	15446	259.1	15372
	3	15446	222.5	22111
	4	15979	222.5	21950
1991	1	18662	233.7	18229
	2	3509	310.9	17887
	3	3510	238.8	31343
	4	5727	238.8	29703
1996	1	14688	230.2	22362
	2	3169	294.9	21555
	3	3169	231.3	33405
	4	5222	231.3	31867
2001	1	11969	229.3	26137
	2	2960	285.4	25040
	3	2960	227.6	35714
	4	4924	227.6	34282

Figure 5.4.1

Housing Stock Heating Fuel Oil

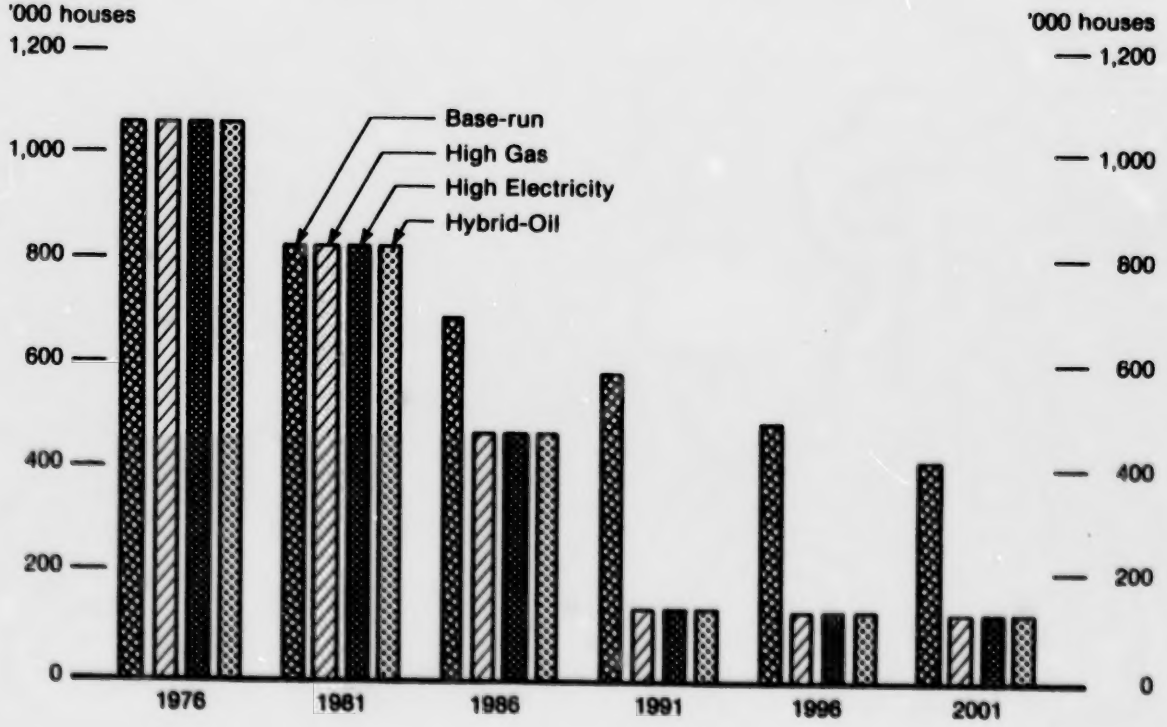


Figure 5.4.2

Housing Stock Heating Fuel Gas

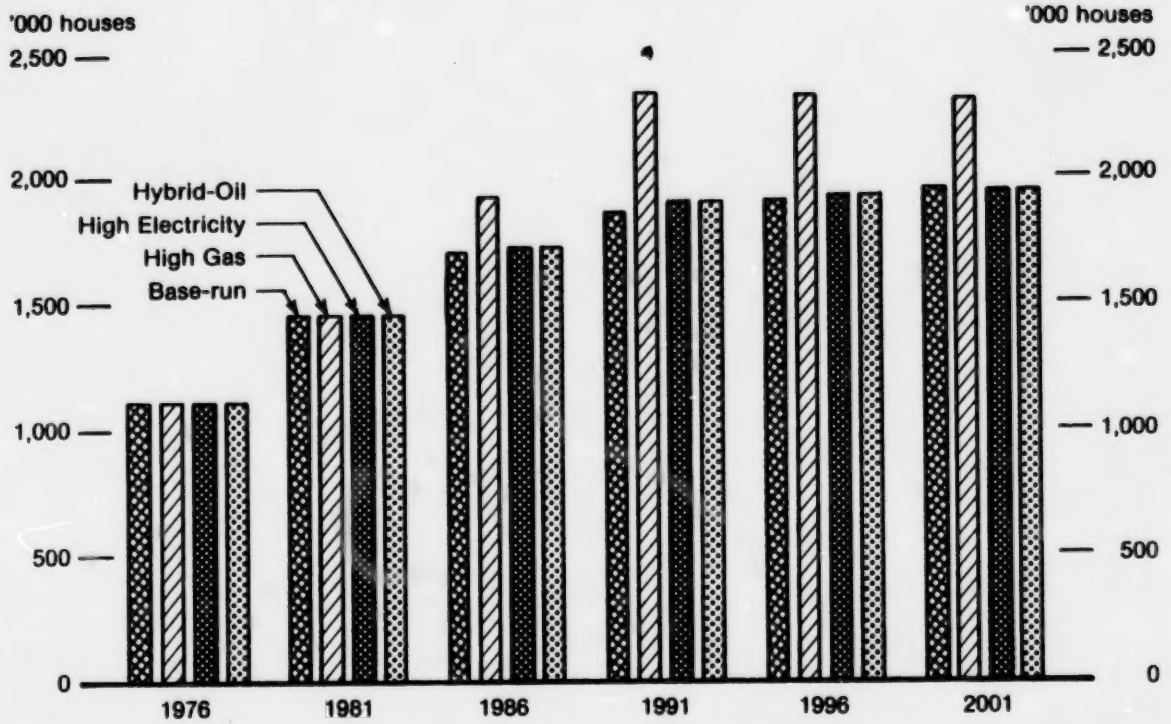


Figure 5.4.3

Housing Stock Heating Fuel Electricity

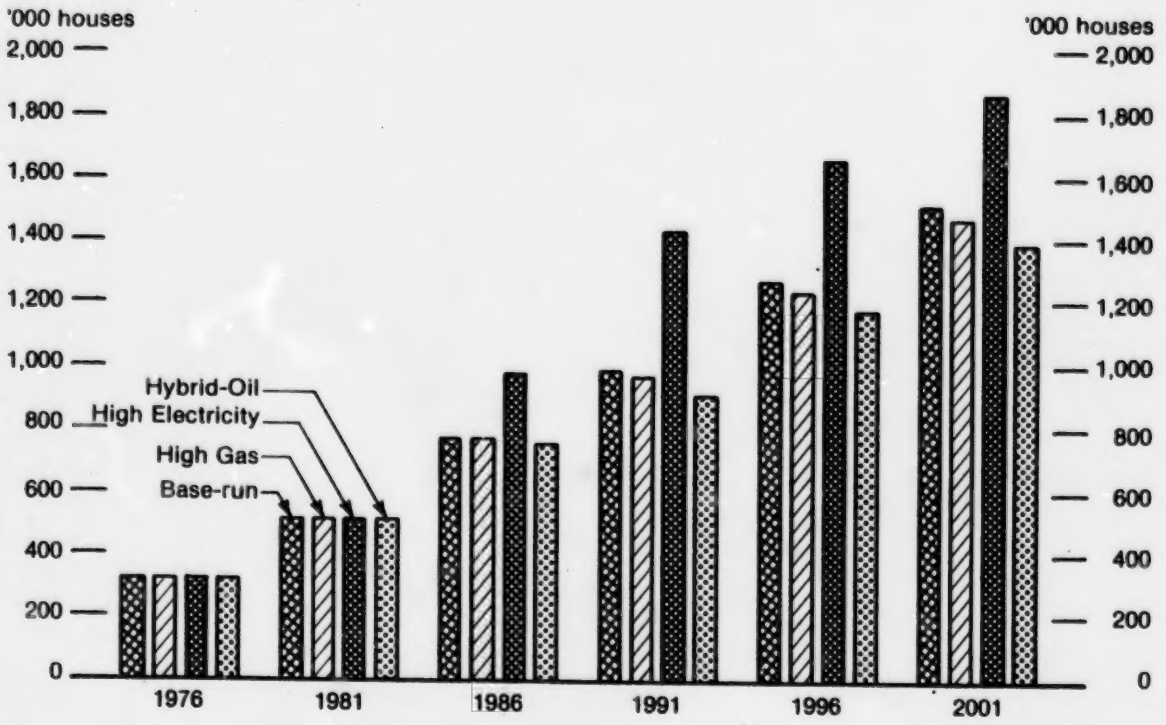
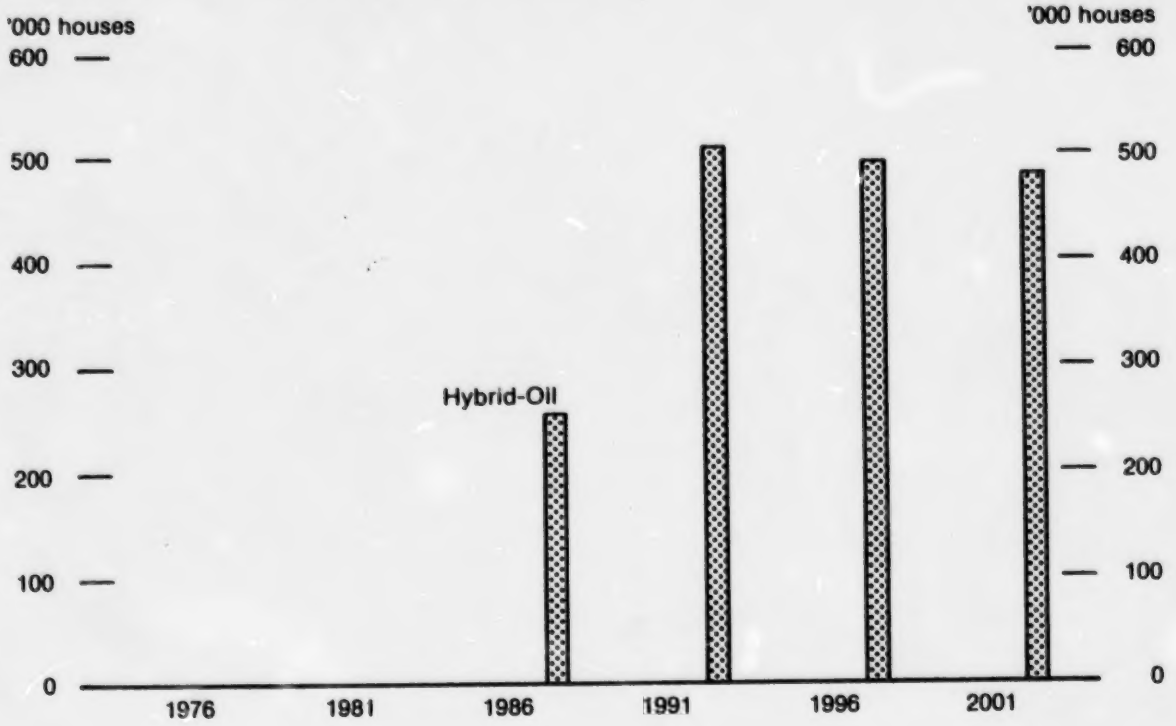


Figure 5.4.4

Housing Stock Electricity — Oil Hybrid



5.4.1 Ontario Housing by Equipment Type Comparative Scenarios

'000 Houses

Year	Scenario	Oil	Gas	Electricity	Electric-Oil Hybrid
1976	BASE 1	1057.5	1107.6	318.8	
	HGAS 2	"	"	"	
	HEEE 3	"	"	"	
	HYBR 4	"	"	"	
1981	1	821.9	1457.4	511.9	
	2	"	"	"	
	3	"	"	"	
	4	"	"	"	
1986	1	688.2	1698.5	763.5	
	2	461.9	1924.8	763.5	
	3	461.9	1719.2	981.5	
	4	461.9	1719.2	753.5	253.7
1991	1	579.5	1858.8	984.8	
	2	1277.8	2330.5	972.8	
	3	1277.9	1900.7	1433.0	
	4	1277.9	1900.7	914.3	505.7
1996	1	486.4	1910.3	1256.9	
	2	123.8	2326.8	1227.2	
	3	123.8	1927.3	1654.3	
	4	123.8	1927.3	1172.7	494.3
2001	1	412.8	1946.6	1510.3	
	2	122.4	2315.3	1468.9	
	3	122.4	1944.8	1864.5	
	4	122.4	1944.8	1393.8	482.2

APPENDIX A

A1 Common Thermal Resistance

The thermal resistances of each component of the building not including the insulation are as follows:

Ceiling (not including rafter portion).

	Thermal Resistance (Btu/hr ^{o} F)-1
Attic surface films	0.25
1/2" gypsum wallboard	0.45
Inside surface film	0.61
Total	1.31

Exterior Wall (not including the stud portion)

Outside surface film	0.17
Face brick siding	0.42
Building paper	0.06
7/16" fibreboard	1.04
Air space	0.197
1/2 gypsum	0.45
Inside surface film	0.68
Total	3.79

Foundation Wall

8" concrete	1.11
Internal air films (still)	0.68
External air films	0.17
Total	1.96

Windows

Double glazed window	1.8

Doors

Standard external door	2.3
2 x 4" wood stud	4.37

A2 Miscellaneous

Percentage of ceiling and exterior wall which is wood stud/rafter = 15%.

Depth of basement wall below grade = 7 feet.

Depth below grade of insulation in basement = 2 feet.

Basement wall heat transfer as a function of depth below grade.

1 ft.	.41 Btu/hr sq. ft. ^{o}F
2 ft.	.222
3 ft.	.155
4 ft.	.119
5 ft.	.096
6 ft.	.079
7 ft.	.069

Basement floor heat transfer coefficient 0.023 Btu/hr ^{o}F Sq.

A value of 1.5 air changes per hour is used for apartment buildings instead of the value specified by the thermal archetypes.

Height of average room 7.5 ft.

Specific heat of air 0.075 Btu/cuft. ^{o}F.

Internal heat gain Single/Semis/Rows 3200 Btu/hr.

Apartment 2700 Btu/hr.

Internal Thermostat Setting 70^{o}F.

Number/
Numéro

2

Structural Analysis
Division

Division de l'Analyse
Structurelle

HA-02
C

STATISTIQUE CANADA

DIVISION DE L'ANALYSE STRUCTURELLE

80-12-31

SCENARIOS DE REMPLACEMENT DU PETROLE POUR L'ONTARIO:

Résultats obtenus à l'aide du Modèle d'énergie domestique de Statistique Canada

Publié avec l'autorisation du

Ministre des Approvisionnements et Services

© Ministère des Approvisionnements et Services 1981

Janvier 1981

3-2400-502

Ottawa

par R.H.H. Moll
K.H. Dickinson
R.B. Hoffman

Table des matières

1. INTRODUCTION

1.1 Historique

1.2 Interface de l'utilisateur

1.3 Organisation du document

2. STRUCTURE DU MODELE D'ENERGIE DOMESTIQUE

2.1 Stock de base de logements en 1971

2.2 Démolition

2.3 Rééquipement thermique

2.4 Rééquipement matériel

2.5 Nouveaux logements

2.6 Energie globale

2.7 Réalisation de la boucle

2.8 Analyseur de la charge dynamique de chauffage hybride

3. CONCEPTION DE LA SIMULATION

3.1 Simulation et prévision

3.2 Exemples d'exercice de simulation

4.0 SPECIFICATION D'UNE PASSE DU MODELE

4.1 Base commune et entrée des variantes de scénarios

4.2 Spécification des variantes des scénarios

4.3 Chaudière hybride électrique

5.0 RESULTAT DES SIMULATIONS

5.1 Energie totale pour le chauffage et pénétration des mélanges de combustibles

5.2 Stock de logements de l'Ontario, par type de logement et par période de construction

5.3 Comparaison de l'utilisation des combustibles dans les différents scénarios

5.4 Comparaison des stocks de logements

1.0 INTRODUCTION

1.0.1 En réponse au récent programme national d'énergie, le présent document expose trois scénarios possibles de remplacement du pétrole pour le marché du chauffage en Ontario. Ces trois scénarios de remplacement du pétrole assument un taux de conversion du système de chauffage au gaz, à l'électricité ou à un hybride électricité/mazout, de 35 % et 65 % des maisons construites avant 1971, pendant les périodes 1982-86 et 1987-91 respectivement. Les résultats sont comparés, en 1986 et en 1991, à une "valeur de base" correspondant à l'absence de changement, pour estimer les économies de pétrole. Les résultats montrent que la réduction de la consommation de pétrole obtenue grâce à un programme gouvernemental de conversion pourrait économiser 8 millions de barils par année à compter de 1986, et 15 millions de barils par année à partir de 1991. Ceci signifie des économies cumulatives, pendant la décennie 1982-1991, de 76 millions de barils de pétrole. Ces économies sont en plus de l'amélioration de la valeur de base qui, elle, représente l'évolution naturelle du stock de logements.

1.0.2 Ces résultats sont extraits du Modèle d'énergie domestique (REM) mis au pointpar la Division de l'analyse structurelle de Statistique Canada. Ce modèle est un cadre de travail pour des simulations et une base de données concernant les stocks canadiens de logements, la construction résidentielle et l'articulation finale de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel. L'objectif du modèle est de fournir un outil analytique d'évaluation d'une variété de stratégies d'économie de l'énergie domestique, portant sur le rééquipement thermique et l'introduction de nouvelles normes de performance des bâtiments, les possibilités de substitutions de combustibles qu'apportent le rééquipement, et les conséquences des nouvelles techniques de chauffage et de climatisation du point de vue de leur effet sur les besoins en énergie domestique sur une période de temps. Le choix de l'Ontario était arbitraire; des calculs semblables peuvent être effectués pour la Colombie-Britannique, le Québec, les Maritimes ou les Prairies. Ces scénarios ne doivent pas être considérés comme des prévisions ni, en fait, acceptés comme des choix de politique. Ils visent, cependant, à démontrer les possibilités du Modèle d'énergie domestique pour étudier des stratégies de substitutions des combustibles, structurées dans le

temps, destinées à examiner les conséquences des exigences structurelles du marché du chauffage domestique.

1.1 Historique

1.1.1 Le modèle d'énergie domestique (REM) est un bloc, fonctionnant indépendamment, du modèle à long terme (LTM) actuellement en cours de mise au point à la Division de l'analyse structurelle. Bien que les paramètres du REM et les rapports qui en découlent aient été conçus pour une exploitation indépendante, les calculs seront éventuellement incorporés en bloc au LTM. Le modèle d'énergie domestique est structural plutôt que comportemental. Cela signifie que l'univers des logements canadiens est décrit avec beaucoup de détails en utilisant des données provenant du recensement, de l'enquête ENERSAGE et des données sur le logement de la SCHL. On fait ensuite évoluer cette image structurale selon des scénarios spécifiés par l'utilisateur. Des regroupements périodiques fournissent ensuite des images instantanées des niveaux d'utilisation d'énergie dans un horizon de 25 ans.

1.2 Interface de l'utilisateur

1.2.1 Les entrées du modèle ont été regroupées sous forme de tableaux, avec identification des rangées et des colonnes, de sorte que les données d'entrée soient contrôlées et documentées au fur et à mesure qu'elles pénètrent dans le courant d'entrée du modèle. Plusieurs programmes informatiques accessoires ont été rédigés pour traduire le scénario de l'utilisateur en séries chronologiques détaillées de matrices, exigées par le modèle. Certains de ces programmes jouent le rôle d'organisateur de données, demandant des données particulières à l'utilisateur et produisant les structures nécessaires au modèle. D'autres programmes extrapolent des tendances et créent les séries chronologiques d'entrée qui peuvent ensuite être éditées en détail.

1.3 Organisation du document

1.3.1 La structure de blocs du modèle est décrite dans le chapitre 2 qui contient une description de la fonction et des options d'entrée de l'utilisateur pour chaque bloc. Le chapitre 3 précise différentes façons d'utiliser le modèle, parmi lesquelles la technique de production des projections de remplacement du pétrole.

Les chapitres 4 et 5 détaillent un ensemble de scénarios traités par le modèle et expliquent les résultats au moyen de graphiques et de tableaux produits par le modèle. À la fin du document un appendice précise certaines des suppositions implicites dans les calculs de la demande d'énergie.

2.0 STRUCTURE DU MODÈLE D'ÉNERGIE DOMESTIQUE

La figure 2.0 donne un aperçu de la structure du modèle. Il consiste essentiellement en six blocs principaux de calcul:

2.1 Stock de base de logements en 1971;

2.2 Démolition de logements du stock de base;

2.3 Rééquipement thermique de logements du stock de base;

2.4 Rééquipement matériel du stock de base;

2.5 Besoin de nouveaux logements (après 1971);

2.6 Besoins regroupés d'énergie pour le chauffage et l'eau chaude dans le stock total de logements.

Les principales variables d'entrée et de sortie sont indiquées à la figure 2.0 et la boucle chronologique montre que le bloc 2.1 est effectué en premier et reste à l'extérieur de la boucle, tandis que les blocs 2.2 à 2.6 sont à l'intérieur de la boucle chronologique et représentent donc une évolution des variables pendant les 25 ans de l'horizon de simulation. Ces blocs sont décrits plus en détail:

Les sections qui suivent décrivent les blocs, les entrées et les sorties indiqués à la figure 2.0.

2.1 Stock de base de logements en 1971

Ce bloc lit et interprète les données historiques et paramétriques nécessaires pour constituer une base destinée aux scénarios futurs.

- 5 -

2.1.1

Le stock de base de logements en 1971 est stratifié par type de logements, période de construction et classe d'équipement de chauffage.

Type de logement:
1. Maisons séparées (y compris maisons mobiles);
2. Maisons jumelées et duplex,
3. Maisons en rangées et maisons jointives;

et
4. Appartements.

Période de construction:

construite en
1. 1920 ou avant
2. 1921-1945
3. 1946-1950
4. 1951-1960
5. 1961-1965
6. 1966-1970
7. 1971

Type d'équipement de chauffage

1. Central, eau/mazout (WO)
2. Central, eau/gaz (WG)
3. Central, eau/solide (WS)
4. Central, air chaud/mazout (HO)
5. Central, air chaud/gaz (HG)
6. Central, air chaud/solide (HS)
7. Central, électricité (y compris le chauffage par plinthes chauffantes) (EE)

8. Ponctuel, mazout (SO)
9. Ponctuel, gaz (SG)
10. Ponctuel, solide (SS)

Eau désigne le chauffage à l'eau chaude ou à la vapeur, air chaud signifie qu'on utilise de l'air pulsé dans un système de conduits, et ponctuel signifie qu'on utilise un appareil au point où il est nécessaire, par exemple un radiateur au mazout ou un poêle à bois. On a prévu, dans les catégories d'appareils de chauffage, d'inclure sept autres types de chauffage qui relèvent de l'utilisation de techniques hybrides.

Ce sont:

8) Maison de Saskatchewan (SH)

9) Pompe à chaleur/mazout (PO)

10) Pompe à chaleur/gaz (PG)

11) Pompe à chaleur/électricité (PE)

12) Pompe à chaleur/solaire (PS)

13) Gaz/solaire (GS)

14) Electricité/solaire (ES)

Les catégories relatives aux pompes à chaleur pourraient également contenir les hybrides classiques électricité et mazout ou gaz. La seule différence dans les calculs serait dans les efficacités saisonnières utilisées pour le chauffage.

- 7 - 2.1.2 La caractérisation thermique du stock de base de logements a été obtenue des données ENERSAGE du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR). Une tabulation croisée des niveaux d'isolation de trois éléments de construction (plafonds, murs et murs de sous-sol) selon la période de construction des logements donne les distributions de 20 archétypes thermiques dans le stock.

2.1.3 Les caractéristiques physiques du stock de logements ont été obtenues de l'enquête de 1969 sur les matériaux, effectuée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Ces caractéristiques contiennent les superficies des éléments suivants de construction pour les quatre types de logements décrits antérieurement:

1) Murs;
2) Plafonds;
3) Murs de sous-sol;
4) Fenêtres;
5) Portes;
et 6) Superficie habitable moyenne.

Ces paramètres sont fonction du temps et peuvent être modifiés pour refléter une augmentation ou une diminution de la taille des logements.

2.1.4 Les enregistrements météorologiques de 13 endroits au Canada ont été obtenus du Conseil national de recherches; ils donnent pour chaque heure les températures ambiantes et les facteurs de gain d'énergie solaire. Ces données ont été échantillonnées toutes les quatre heures, et pondérées en fonction de la population, pour refléter les conditions climatiques moyennes des cinq régions du Canada. Les données toutes les quatre heures

permettent de faire les analyses de la charge thermique dynamique, nécessaires pour étudier l'influence de l'introduction de technologies basées sur des hybrides électriques ou des pompes à chaleur. Ceci sera décrit plus en détail ultérieurement.

2.1.5 Pour le stock de base, on a établi un tableau initial des efficacités saisonnières du chauffage pour chaque type d'appareil de chauffage et chaque type de combustible, conformément au tableau qui suit, Ces efficacités reflètent les efficacités saisonnières moyennes du chauffage, et pourront être modifiées ultérieurement, de façon à tenir compte de l'augmentation de ces efficacités. La production d'énergie est particulièrement sensible aux changements des efficacités saisonnières globales du chauffage et doit donc être considérée dans le cadre du présent modèle comme l'un des déterminants les plus importants de la demande totale d'énergie.

EFFICACITÉS

	MAZOUT	GAZ	ÉLE-RÉS	ÉLE-PC	ÉLE-MOT	GBP
CENTRAL, EAU/MAZOUT	55	0	0	0	100	0
CENTRAL, EAU/GAZ	0	60	0	0	100	0
CENTRAL, EAU/SOLIDE	0	0	0	0	100	0
CENTRAL, AIR CHAUD/MAZOUT	55	0	0	0	100	0
CENTRAL, AIR CHAUD/GAZ	0	60	0	0	100	0
CENTRAL, AIR CHAUD/SOLIDE	0	0	0	0	100	0
CENTRAL, ÉLECTRICITÉ	0	0	100	0	0	0
PONCTUEL, MAZOUT	55	0	0	0	0	0
PONCTUEL, GAZ	0	0	0	0	0	60
PONCTUEL, SOLIDE	0	0	0	0	0	0
MAISON DE SASK.	0	0	0	0	100	0
POMPE À CHALEUR/MAZOUT	55	0	100	200	100	0
POMPE À CHALEUR/GAZ	0	60	100	200	100	0
POMPE À CHALEUR/ÉLEC.	0	0	100	200	100	0
POMPE À CHALEUR/SOLAIRE	0	0	0	200	100	0
SOLAIRE/GAZ	0	60	0	0	100	0
SOLAIRE/ÉLEC.	0	0	100	0	100	0

2.1.6 Les sorties du bloc 2.1 comprennent un rapport sur le stock de base de logements et la demande d'énergie du stock de base pour le chauffage et l'eau chaude en 1971.

2.2 Démolition

2.2.1 Les entrées du bloc 2.2 comprennent les taux de démolition établis par l'utilisateur, une autre variable fonction du temps qui introduit des changements dans le stock de vieux logements. Les taux de démolition sont spécifiques du type de maison et de la période de construction.

2.2.2 La sortie du bloc 2.2 comprend un rapport sur le niveau de changement du stock de base de logements.

2.2.3 La démolition peut être considérée comme une partie du scénario de base. Toutefois, les résultats des simulations peuvent être très sensibles aux taux de démolition. Dans la plupart des études sur les conséquences, les valeurs de la démolition ne sont par cruciales dans la mesure où elles ne déforment pas la distribution du stock soit en supprimant totalement soit en exagérant considérablement la disparition naturelle. Par exemple, si l'on assume qu'il n'y a eu aucune démolition, ou que les taux de démolition sont de zéro, on déforme considérablement les sorties énergétiques du modèle. Le stock ancien qui n'est pas détruit, a de mauvaises caractéristiques d'isolation; en fait il est

tellement plus mauvais que le stock plus récent que la perte de chaleur des logements est une fonction fortement non linéaire de l'âge de ces logements. Les rééquipements effectués sur ce stock ancien donneraient l'impression erronée que le rééquipement pourrait permettre de vastes économies d'énergie.

- 11 - 2.2.4 Nous avons conçu une procédure raisonnable pour estimer les taux de démolition; les entrées en sont:

1) un taux de démolition constant pour tout le stock de plus de 20 ans;
2) un ensemble de facteurs de pondération pour la démolition des différents types de logements;

et 3) un ensemble de facteurs de pondération pour la démolition de logements construits à des périodes différentes.

2.3 Rééquipement thermique. 2.3.1 Les entrées de ce bloc comprennent les estimations faites par l'utilisateur de la propension du propriétaire à refaire l'isolation. C'est-à-dire que si une maison est isolée jusqu'à R20 dans le plafond, quelle est la probabilité que le propriétaire porte cette isolation à R28. On considère quatre zones de pertes de

chaleur: les plafonds, les murs, les sous-sols et l'infiltration d'air. Ici encore, c'est une variable dépendante du temps qui suit le comportement du propriétaire moyen jusqu'à l'année 2001. Les niveaux modifiés d'isolation sont appliqués au stock de vieux logements et on peut calculer la diminution des besoins énergétiques. La sortie du bloc 2.3 comprend les points décrits sous 2.3.2 et 2.3.3.

- 12 -

2.3.2 Une <u>représentation thermique modifiée</u> du stock de base de logements. On donne le stock de logements par archétype thermique et type de logement, en même temps que la distribution en pourcentage des divers archétypes pour chaque période de construction. Ce tableau peut être comparé avec celui donné au début de la simulation pour calculer combien de logements ont été améliorés du fait des paramètres de rééquipement thermique précisés en 2.3.1.

2.3.3 Un <u>rapport sur l'énergie</u> pour le stock de base de logements donnant la modification de la demande énergétique pour le chauffage du fait du rééquipement thermique, ce qui permet à l'utilisateur de calculer les économies dues à l'amélioration de l'isolation.

2.4 Rééquipement matériel

2.4.1 Les variables d'entrée de ce bloc constituent la plus forte entrée de l'utilisateur dans le modèle. Elles consistent en ensembles de probabilités de transition, pour chaque type de logement, montrant le mouvement du stock de logements entre les différents types d'appareils de chauffage. Le matériel de chauffage installé dans le stock de logements est décrit dans le modèle en fonction des catégories données en 2.1.1. Du fait qu'il y a 17 catégories, les changements d'un appareil à un autre constituent une matrice carrée de 17 X 17. Un tel ensemble existe pour chaque type de logement et pour chaque période de simulation, comme on peut le voir dans le tableau qui suit. Cette variable de série chronologique est constituée d'un tel nombre de points de données, jusqu'à 2890 d'ici l'année 2001, que des programmes générateurs ont été rédigés pour aider l'utilisateur.

- 13 -

2.4.2 La sortie du bloc 2.4 comprend un rapport de la composition modifiée du matériel de chauffage dans le stock de base de logements, par type de matériel de chauffage. A partir de ces tableaux l'utilisateur peut déterminer le stock existant

de logements, par type de matériel de chauffage, et savoir aussi combien de logements ont été convertis d'une source de combustible à une autre.

2.4.3 La demande de base d'énergie est également une sortie de ce bloc. Celle-ci changerait en fonction des différentes efficacités saisonnières du chauffage des divers types de matériel.

2.5 Nouveaux logements

Les entrées comprennent toutes celles décrites dans les paragraphes 2.5.1 à 2.5.4

2.5.1 Les projections de la formation nette de ménages utilisées dans le présent modèle ont été obtenues du modèle de population de Statistique Canada récemment dégroupé par province. Ces données ont été obtenues de la Division démographique de Statistique Canada. Le nombre net de ménages utilisé dans les scénarios donnés comme exemple correspondent à la série B. Les hypothèses associées à la série B sont:

a) Des taux "faibles" de chefs de famille qui sont identiques aux taux "élevés" utilisés dans la série A jusqu'à 1991 et inférieurs par la suite, de sorte que le taux 1986 de l'option "élevée" est atteint en 1991. Le taux "élevé" est défini comme le taux 1966-1976 de chefs de famille extrapolé de façon exponentielle jusqu'à 1991, après quoi le taux 1991-2001 est maintenu constant au taux de 1991.

b) La série 3 de population (voir STC 91-520)

c) Un taux de fertilité de 1,8 pour 1976 et 1,6 pour 1991 et après.

d) Un taux net de migration internationale de 750 000, avec les taux nets de migration interprovinciale suivants:

1976-1981	1981-1986	1986-2001
40 500	48 000	47 500

2.5.2 Les taux de vacance obtenus de la SCHL ont été inclus ici pour traduire le nombre de ménages en nouveaux logements réellement bâtis, lesquels dépasseront les nouveaux ménages d'un faible pourcentage.

2.5.3 Les données sur la pénétration des types de matériel de chauffage installés dans les maisons construites de 1971 à 1979 ont été obtenues des

- 15 - dossiers d'inspection électrique de l'Hydro Ontario. Ces données sont extrapolées de façon linéaire pour obtenir la ventilation des différents matériels dans le stock de nouveaux logements après 1980.

2.5.4 Pour chaque période, il faut spécifier la représentation thermique des maisons construites pendant cette période. Ces paramètres réflètent les codes du bâtiment en vigueur et les mesures de la performance qui deviendront obligatoires à l'avenir pour la construction de maisons neuves.

2.6 Énergie globale

2.6.1 Ce bloc regroupe toutes les énergies utilisées par les différentes subdivisions du stock de logements et extrait un grand total ainsi que des sous-totaux par combustible et type de logements. Les calculs de l'énergie globale peuvent être faits entre chacun des blocs de la figure 2.0 pour montrer les changements des niveaux d'énergie dus à des rééquipements spécifiques. Les rapports

contiennent aussi le sous-total des besoins énergétiques pour l'eau chaude domestique.

2.7 Réalisation de la boucle

2.7.1 Le modèle progresse dans le temps par incréments de 5 ans à partir de la première période 1972-1976. L'entrée de données pour le bloc de logements correspond à 1971 et la première période d'exploitation est 1972-1976. Les variables de rééquipement et de démolition pour une période se rapportent aux changements prévus pendant les cinq ans précédents; c'est-à-dire que les variables pour 1976 portent sur l'intervalle 1972-1976, y compris cette dernière année. Selon ce schéma le modèle a été étalonné avec les données partielles disponibles pour les périodes 1972-1976 et 1977-1980, laissant ainsi 1982-1986, 1987-1991, ainsi que les périodes subséquentes à l'utilisateur. Naturellement, la période d'étalonnage peut également être utilisée pour faire des assertions au sujet de ce qui s'est réellement passé durant les dix dernières années. Tous les rapports sont également faits sur une base de 5 ans. La boucle chronologique indiquée dans le diagramme des blocs ci-dessus, montre où commencent les calculs pour chaque période.

2.8 Analyseur de la charge dynamique de chauffage hybride

2.8.1 Etant donné que les calculs de la demande énergétique pour le chauffage dans le modèle domestique sont effectués pour chaque heure, nous avons récemment introduit un analyseur de charge dynamique dans le cadre existant de calcul du chauffage, de sorte que l'on puisse mesurer l'effet de la capacité de base appropriée et des problèmes de pointe associés à la conversion possible à des systèmes de chauffage hybride électrique, sur le secteur de la demande d'énergie domestique.

2.8.2 La principale raison pour laquelle on considère un analyseur de charge dynamique est la nature transitoire des besoins annuels de chauffage. Par exemple, 4 % seulement des besoins énergétiques annuels totaux sont dépensés lorsque la demande de chauffage est supérieure à 60 % du maximum. En d'autres mots, la majeure partie de l'énergie destinée au chauffage domestique est nécessaire pendant les jours moins froids. Dans un logement totalement chauffé à l'électricité, la capacité de chauffage installée est prévue pour répondre à la demande de pointe (normalement en janvier, le mois le plus froid) qui se produit seulement

pendant une courte partie de la saison de chauffage. Dans un système de chauffage hydride, la portion électrique pourrait être conçue pour fournir un peu plus de la moitié de la demande annuelle, ce qui exigerait une capacité installée inférieure au quart des besoins nécessaires pour répondre à la demande de pointe. La portion électrique d'un système hybride (capacité électrique installée pour la demande de base) serait utilisée en dehors des périodes de pointe, pour éviter d'accroître la charge de pointe, et un système de chauffage complémentaire, au mazout ou au gaz, répondrait aux besoins de chauffage pendant ces périodes de pointe.

2.8.3 L'analyseur de charge dynamique exige comme entrée les températures régionales de conception spécifiées pour le mois de janvier afin de calculer les besoins de chauffage de pointe. Ces pointes varieraient selon les dimensions et les caractéristiques thermiques de chaque type de logement. Connaissant les besoins de chauffage de pointe, la capacité de base de l'hybride pourrait être calculée comme une proportion de cette puissance de pointe. Les taux de conversion des maisons construites avant 1971 à des chauffages hybrides seraient spécifiés dans les paramètres d'entrée du rééquipement matériel.

Remarque: les entrées ci-après incluent celles décrites aux paragraphes 2.1.1 à 2.1.5

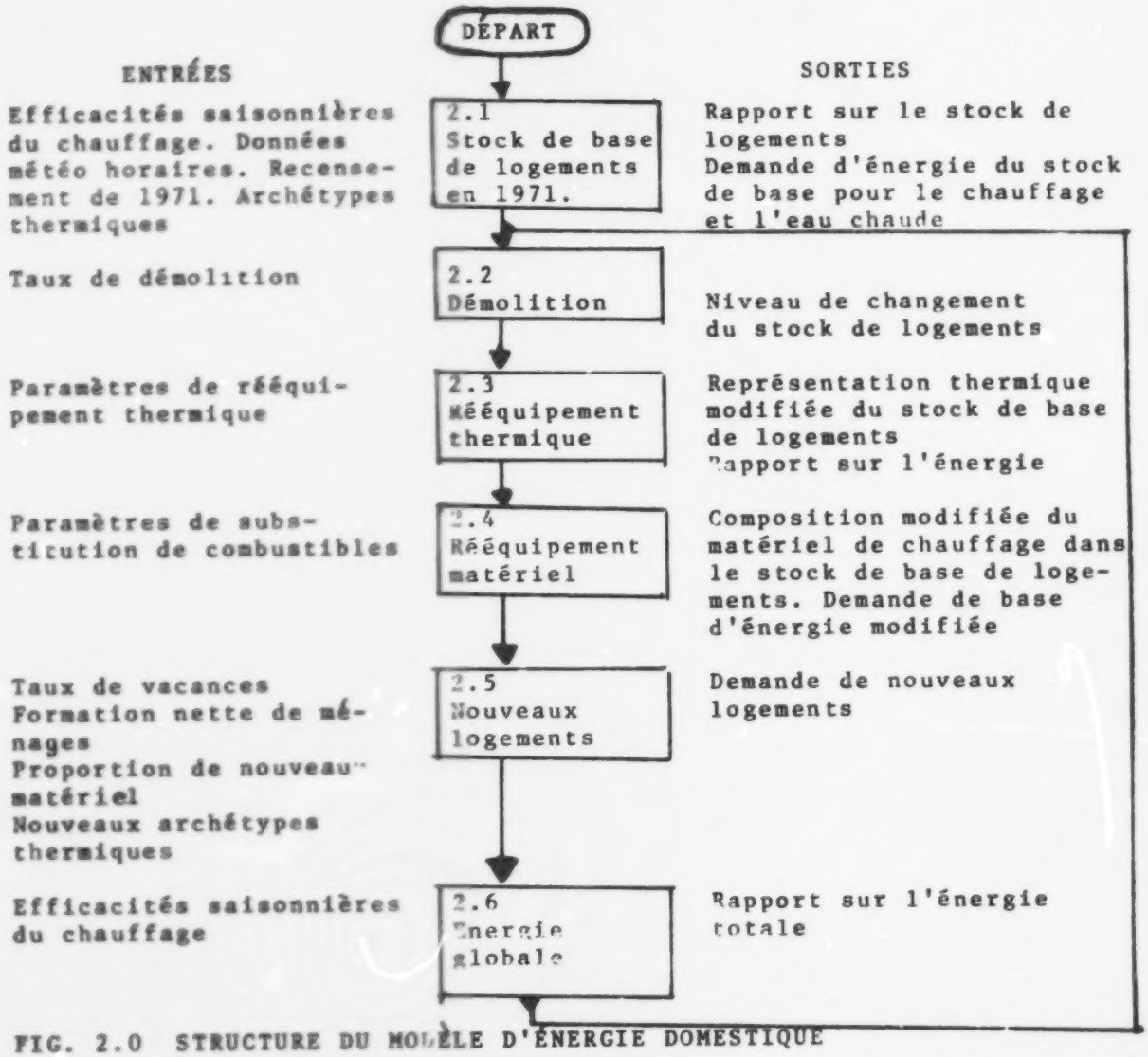


FIG. 2.0 STRUCTURE DU MODÈLE D'ÉNERGIE DOMESTIQUE

3.0 CONCEPTION DE LA SIMULATION

3.1 Simulation et prévision

3.1.1 Les instruments d'analyse chronologique tels que le Modèle d'énergie domestique, peuvent être utilisés soit en simulation soit en prévision. La simulation exige la définition d'un sous-ensemble des paramètres exogènes du modèle reflétant la perception de l'utilisateur d'un "avenir susceptible de se produire", du fait soit de la politique des gouvernements soit des forces dominantes du marché. Par exemple, dans le domaine de l'énergie, l'utilisateur du modèle pourrait simuler un remplacement considérable du pétrole pour le chauffage au cours de la prochaine décennie. L'utilisateur pourrait supposer un passage au gaz, à l'électricité, ou à une combinaison des deux. Pour mesurer l'effet d'une telle éventualité, il faut obtenir la "situation de base", correspondant à l'absence de changement, pour disposer d'un repère par rapport auquel on pourra juger les différents scénarios.

3.1.2 La prévision, par contre, sous-entend l'estimation des paramètres d'entrée du modèle, soit au moyen de techniques économétriques représentant la réponse du consommateur aux variations de prix, soit au moyen de systèmes de projection comme un modèle démographique. Le résultat du modèle constituerait une "prévision"; c'est-à-dire un "avenir que l'on s'attend à voir se produire". On effectue normalement des prévisions pour le proche avenir, tandis que l'on consacre les exercises de simulation à l'examen des changements structuraux à long terme dans l'économie. Le Modèle d'énergie domestique est principalement utilisé en simulation, en raison de sa structure d'entrée détaillée et de l'articulation des principales variables exogènes liées à la politique. Toutefois, il a été, et il peut être, utilisé pour la prévision à court terme de la demande de chauffage.

3.2 Exemples d'exercices de simulation

3.2.1 Pour démontrer les possibilités de simulation du Modèle d'énergie domestique, on utilisera les exemples du chapitre 5. Ceux-ci montrent l'influence du programme de remplacement du pétrole sur le marché du chauffage et sur la demande globale d'énergie.

3.2.2 On a d'avord défini un base, correspondant à l'absence de changement, au moyen des spécifications de toutes les variables d'entrée définies au chapitre 2. Les spécifications des variables ont été choisies de façon à être raisonnables, à la fois en ce qui concerne les tendances actuelles et en ce qui concerne les restrictions internes du modèle. Cela signifie que nous n'avons pas introduit de déformation en faveur d'un aspect de l'avenir plutôt que d'un autre. En fait on a choisi une sorte de moyenne des valeurs d'entrée. La construction de la base fournit un repère par rapport auquel on peut comparer une variante de scénario correspondant à la perturbation de certaines des entrées de base.

3.2.3 Les variantes du scénario de base illustrées au chapitre 5 ont été obtenues en modifiant les paramètres de substitution des combustibles, de sorte qu'ils puissent représenter trois cas possibles de remplacement du pétrole. Ces variantes peuvent être comparées à la base, pour mesurer les économies de pétrole et les économies globales d'énergie pour le chauffage. Chacune des variantes représente une spécification différente des proportions de rééquipement, correspondant à une conversion à grande échelle au

gaz, à l'électricité ou à un système de chauffage hybride.

3.2.4 Analyse du marché

L'effet global de toutes les forces en jeu à l'intérieur du stock de logements peut être observé, pour chaque période de cinq ans, par ses effets sur les niveaux de stocks ayant des caractéristiques particulières. Par exemple, le nombre de maisons dans le stock de vieux logements (avant 1971) qui sont encore chauffées au mazout dans les périodes ultérieures et dont les chaudières, au moment futur considéré, sont trop grosses en raison du rééquipement thermique, peut être obtenu au moyen des rapports sur les stocks fournis par le modèle. Les effets du climat régional sur le matériel de chauffage pour les stocks de logements neufs et anciens peuvent être étudiés en utilisant les divers renseignements météorologiques de la région, disponibles grâce à la base de données du modèle. Ceci pourrait permettre, par exemple, d'établir le marché potentiel des pompes à chaleur par région.

4.0 SPÉCIFICATION D'UNE PASSE DU MODÈLE

4.1 Base commune et entrée des variantes de scénarios

4.1.1 Le présent chapitre précise les entrées qui distinguent le scénario de base de ses différentes variantes. Donnons d'abord les entrées communes aux scénarios de base et aux variantes:

1) Efficacités de chauffage saisonnières (EFFY);
2) Taux de démolition (DEMO);
3) Paramètres de rééquipement thermique (KRET);
4) Archétypes thermiques des nouveaux logements (NEWA);
5) Variables démographiques (DELH);

et 6) Ventilation des nouveaux logements par type de matériel de chauffage (PHBX).

4.1.2 Les quatre lettres qui identifient chacune des entrées sont utilisées comme suffixe d'identification dans les fichiers DEC PDP 11-40. Le préfixe de ce code de dossier serait soit un code standard soit un code régional spécifique. Par exemple, les données démographiques standard pour l'Ontario pourraient être appelées ONTRDELH. Une variante de ceci contiendrait une partie du

préfixe ainsi qu'un code que l'utilisateur comprend pour repérer cette variante. Par exemple, si l'on utilise une série A de données démographiques, obtenues à partir de la série standard de projections des ménages publiée par la Division démographique,

- 23 -

on pourrait l'appeler ONNADELH. Ces conventions sont nécessaires pour permettre le repérage d'une base de données de fichiers d'entrée pour le Modèle d'énergie domestique. Les perturbations et les combinaisons des fichiers d'entrée, pour créer une multitude de scénarios, exigent l'utilisation d'un système de gestion des fichiers qui n'a pas encore été mis en pratique.

4.2 Spécification des variantes des scénarios

4.2.1 Les variantes du scénario de base sont obtenues en modifiant les paramètres de rééquipement matériel (ERET) pour produire les trois variantes distinctes suivantes:

1) Variante à prédominance au gaz (HGAS)
2) Variante à prédominance à l'électricité (HEEE)
3) Variantes hybrides (HYBR)

Ces trois variantes ont été obtenues en modifiant de façon marquée, les pourcentages de rééquipement

matériel du fichier de rééquipement matériel du modèle de base (BASE) pour les périodes 1981-1986 et 1987-1991.

En résumé, nous avons tenté de simuler l'effet d'un programme gouvernemental de remplacement du pétrole au cours des dix prochaines années. La spécification des paramètres ERET pour la période 1972-81 est évidemment de nature historique, même si des données de conversion ne sont pas immédiatement disponibles. Pour les périodes 1992-2001 les spécifications ont été les mêmes pour HGAS, HEEE et HYBR et pour le fichier BASE ERET du fait que l'essentiel des logements chauffés au mazout qui pouvaient être convertis au gaz, à l'électricité ou à un chauffage hybride l'ont déjà été au cours de la période 1981-1991.

4.2.2 Les variantes HGAS, HEEE et HYBR ont des taux de conversion identiques pour les deux périodes 1981-86 et 1987-91. Il ne diffèrent que par le combustible utilisé pour la conversion des logements qui chauffaient au mazout. Ces taux pour les périodes respectives sont:

1981-86	35 % de conversion
1987-91	65 % de conversion

4.3 Chaudière hybride électrique

4.3.1 On peut introduire un effet non linéaire en incluant le matériel hybride dans les calculs. Dans le cas des hybrides, toute l'énergie nécessaire est fournie, jusqu'à une certaine quantité, par l'utilisation d'un seul combustible; ensuite, si un supplément d'énergie est nécessaire, celle-ci est fournie par un deuxième combustible. Par conséquent, le premier combustible fournit la charge de base et le deuxième sert de système de secours lorsque le temps devient trop froid et que la capacité de la source d'énergie de base est dépassée. Il y a deux cas dans ces hybrides qui diffèrent par ce qui se passe au moment du changement:

1. le combustible de base cesse d'être utilisé après le changement et toute la charge de chauffage est fournie par le combustible de secours;

et

2. le combustible de base continue à fournir le maximum d'énergie possible et le système de secours ne fait que combler le déficit.

4.3.2 Le Modèle d'énergie domestique utilise la seconde option dans les scénarios décrits au chapitre 5. L'utilisateur détermine le point de changement en spécifiant un pourcentage de la capacité de chauffage prévue à priori, qui doit être fourni par le combustible de base. Le Modèle d'énergie domestique tient compte de trois types d'hybrides. Il permet également de laisser l'utilisateur spécifier les combustibles utilisés et les points de changement propres à un type de maison et un type d'hybride.

5.0 RÉSULTAT DES SIMULATIONS

Les résultats du scénario de base et des trois variantes sont présentés graphiquement ci-après (graphiques 5.1.1 à 5.4.4). Ces résultats sont décrits dans les paragraphes 5.1 à 5.4; chacun renvoie à une classe particulière de sortie graphique. Les sorties sous forme de tableau associé sont également données aux tableaux 5.1.1 à 5.4.1.

5.1 Énergie totale pour le chauffage et pénétration des mélanges de combustibles

5.1.1. Les graphiques 5.1.1 à 5.1.4 décrivent l'effet des scénarios de base et des trois variantes de remplacement du pétrole sur les besoins totaux en énergie pour le chauffage et les proportions des divers combustibles qui en résultent . Sur chaque tableau il y a deux échelles. Les lignes continues représentent les pourcentages d'un combustible donné, l'échelle étant à gauche sur l'axe des Y. La ligne pointillée donne la demande totale d'énergie pour le chauffage et son échelle est à droite sur l'axe des Y. Le tableau 5.1.1 donne l'énergie totale pour le chauffage et l'énergie par type de combustible

pour le scénario de base et pour les variantes HGAS, HEEE et HYBR.

5.1.2 Nous voyons qu'il y a, dans le graphique 5.1.1 une réduction régulière de l'utilisation de mazout. Ainsi, le scénario de base va dans le même sens que tous les scénarios de remplacement du pétrole (tableaux 5.1.2 à 5.1.4). Nous semblons donc avoir, une situation sous-jacente de "programme de remplacement du pétrole". On peut expliquer ce phénomène par une importante conversion au gaz et à l'électricité ainsi que par le fait que peu de maisons construites depuis 1971 ont des chaudières au mazout.

- 27 -

5.1.3 En raison d'un programme d'amélioration de l'intégrité thermique des vieilles maisons (Programme canadien d'isolation des logements) et de l'augmentation de l'efficacité thermique des nouvelles maisons, la demande totale d'énergie diminue au cours de l'horizon de 25 ans. Dans les variantes prépondérance au gaz, prépondérance à l'électricité et hybride, nous voyons, naturellement, une diminution beaucoup plus rapide de l'utilisation du mazout. Le scénario

prépondérance à l'électricité conduit à la courbe de demande d'énergie totale la plus faible. Ceci est dû à l'efficacité finale beaucoup plus grande de l'électricité.

5.2 Stock de logements de l'Ontario, par type de logement et période de construction.

5.2.1 Le graphique 5.2.1 donne la projection du stock total de logements pour l'Ontario sous forme de la ligne pointillée qui est lue à droite sur l'axe des Y. Le stock total de logements passe de 2,7 millions à 4,3 millions, soit une augmentation d'environ 60 %, en dépit d'une réduction de l'utilisation totale d'énergie pour le chauffage, comme le montre les graphiques 5.1.1 à 5.1.4. La diminution de la part des maisons unifamiliales séparées sur le marché est compensée par les augmentations des logements du type multifamilial (appartements, maisons en rangées, maisons jumelées et duplex). Le tableau 5.2.1 donne le stock de logements, par type, utilisé dans le graphique 5.2.1.

5.2.2 Le graphique 5.2.2 montre l'évolution des logements anciens et nouveaux. Les vieilles maisons sont celles qui ont été construites avant 1971 et les nouvelles celles construites après cette date. En l'an 2001 il y a plus de maisons construites en 1971 que de maisons construites avant cette date. Cela signifie que l'efficacité thermique globale du stock de logements, qui est normalement attribuée aux maisons les plus modernes, augmente. Le tableau 5.2.2 donne le stock de logements construits avant et après 1971 pour la période 1976-2001.

5.3 Comparaison de l'utilisation des combustibles dans les différents scénarios

5.3.1 Les graphiques 5.3.1 à 5.3.3 montrent pour chacun des combustibles (mazout, gaz naturel et électricité) l'utilisation comparative des combustibles, en unités naturelles, pour le modèle de base et les trois variantes. Dans le graphique 5.3.1 la quantité de pétrole économisée entre le scénario de base et les variantes peut être évaluée à chaque moment. Le tableau 5.3.1 est associé aux trois graphiques.

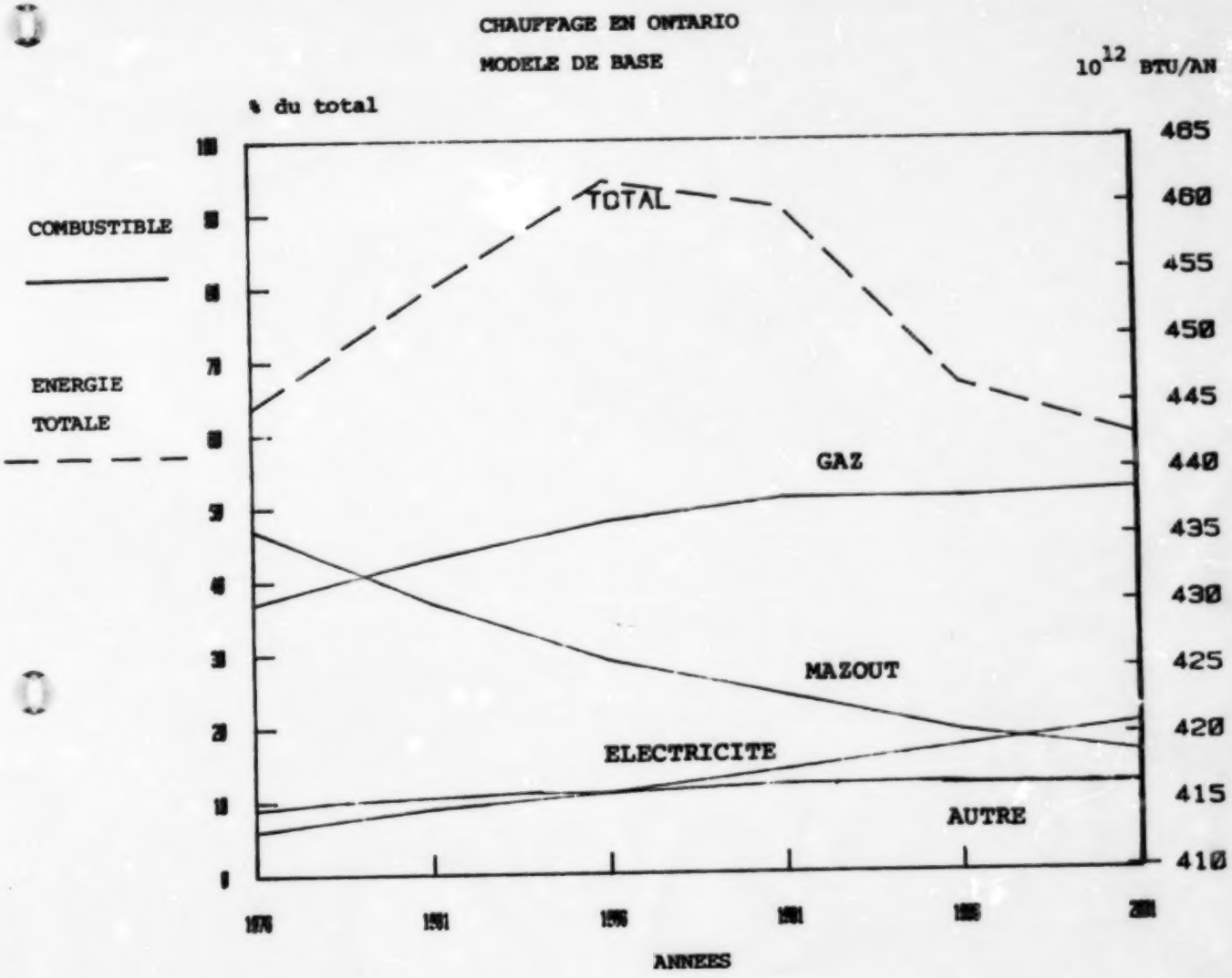
5.3.2 De plus, les économies relatives de pétrole d'une période à l'autre peuvent être mesurées au moyen de ces graphiques. Nous voyons que dans le modèle de base il y a une diminution de la consommation de mazout, ce qui entraîne des économies substantielles sans interventions extérieures. Les graphiques 5.3.2 et 5.3.3 pour le gaz naturel et l'électricité, respectivement, montrent l'augmentation de la consommation de ces combustibles, d'une période à l'autre, ainsi que les différences entre les différentes variantes de scénarios pour une même période.

5.3.3 Économies de pétrole

Le graphique 5.3.4 montre l'utilisation de pétrole pour le scénario de base et le scénario de remplacement du pétrole. La différence entre ces courbes donne l'économie de pétrole en fonction du temps résultant du programme du gouvernement. L'aire sous la courbe de différence fournit l'économie cumulative de pétrole pour la totalité de l'horizon de temps prévu.

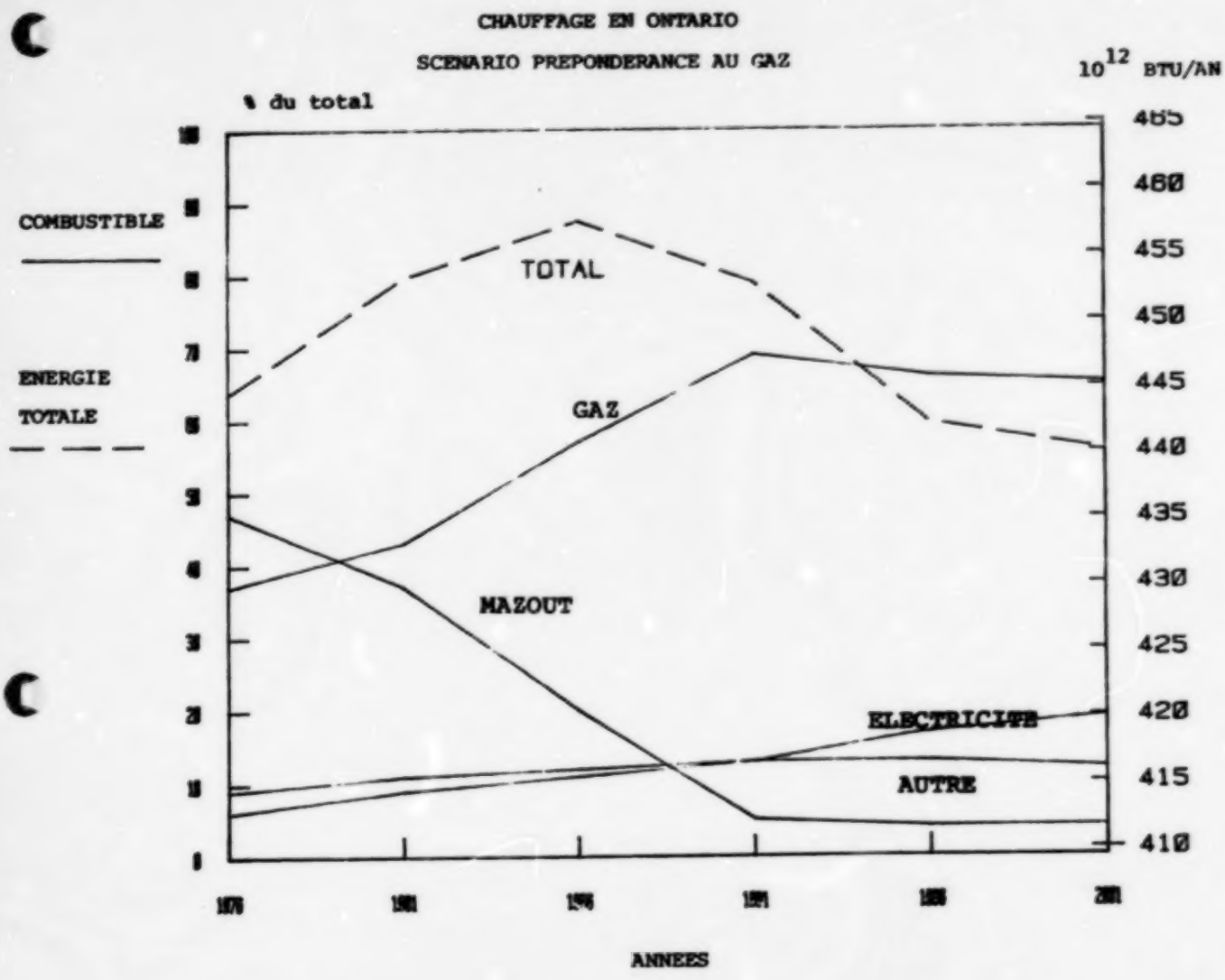
5.4 Comparaison des stocks de logements

5.4.1 Le dernier ensemble de graphiques (5.4.1 à 5.4.4) nous montre, pour chacun des types de matériel de chauffage; mazout, gaz naturel, électricité et hybride électricité/mazout, les stocks comparés de logements, en milliers, pour le scénario de base et les trois variantes. Ces graphiques sont de forme pratiquement identique aux graphiques comparant les utilisations de combustibles. Ils diffèrent en ce qui concerne la représentation des maisons utilisant l'hybride électrique/mazout. Ces graphiques du stock de logements considèrent les maisons utilisant l'hybride électrique/mazout comme des types d'équipement séparés, et le graphique 5.4.4 montre la pénétration de ce type d'hybride. Au graphique 5.3.1 (graphique de consommation du pétrole) le pétrole utilisé pour le hybrides est bien entendu ajouté dans sa catégorie, comme l'électricité dans le graphique 5.3.3. Ces graphiques des stocks sont utiles pour analyser les besoins du marché en chaudières d'un type particulier. Par exemple, les besoins en chaudières au gaz et à l'électricité peuvent être estimés à partir des graphiques 5.4.2 et 5.4.3. Le tableau 5.4.1 est associé aux graphiques 5.4.1 et 5.4.4.



N.B.: L'AXE DES Y A GAUCHE REPRESENTE LE POURCENTAGE DU COMBUSTIBLE
L'AXE DES Y A DROITE REPRESENTE LA QUANTITE D'ENERGIE

GRAPHIQUE 5.1.1. - CHAUFFAGE EN ONTARIO, MODELE DE BASE

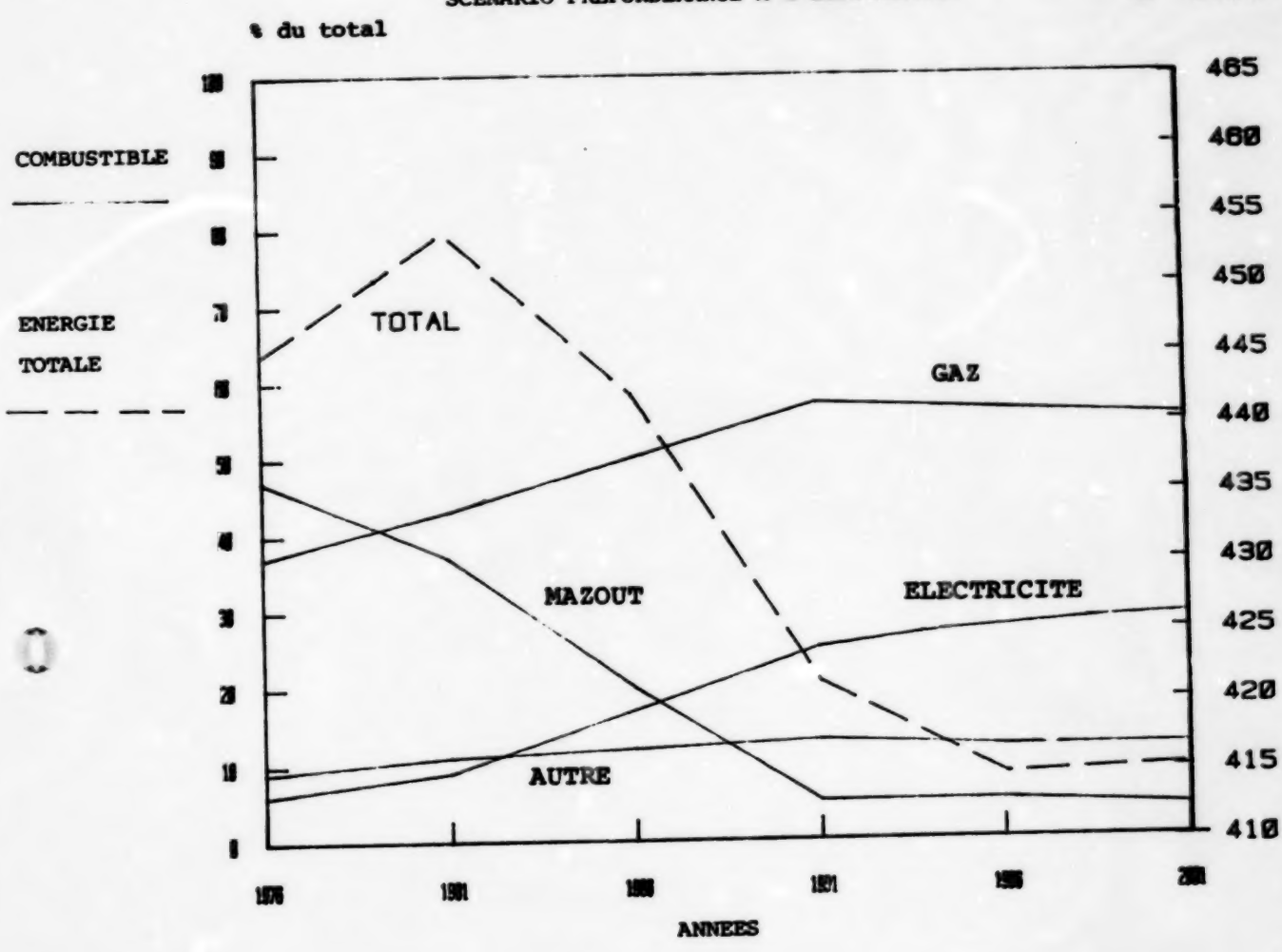


N.B.: L'AXE DES Y A GAUCHE REPRESENTE LE POURCENTAGE DU COMBUSTIBLE
L'AXE DES Y A DROITE REPRESENTE LA QUANTITE D'ENERGIE

GRAPHIQUE 5.1.2 - CHAUFFAGE EN ONTARIO, SCENARIO PREPONDERANCE AU GAZ

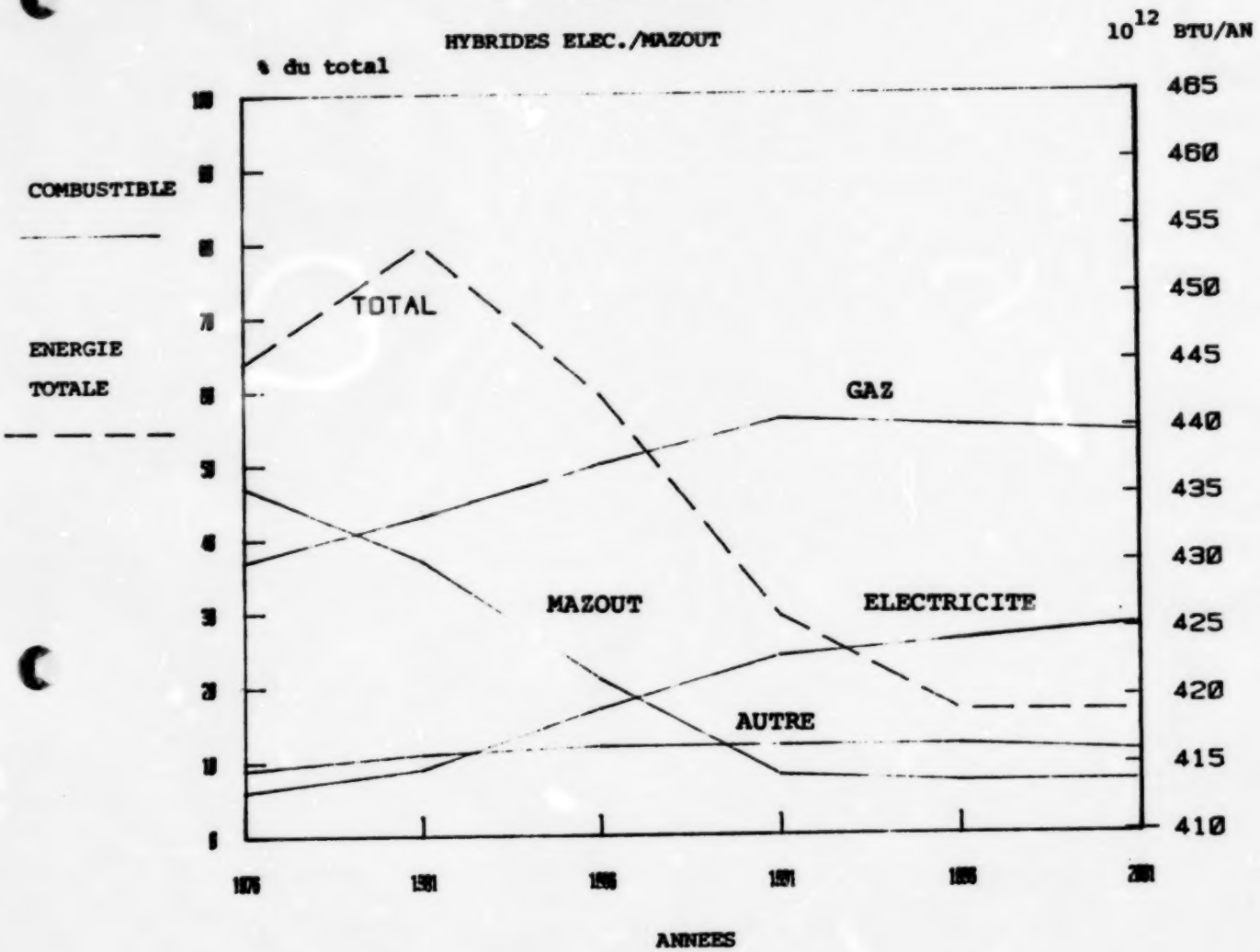
CHAUFFAGE EN ONTARIO

SCENARIO PREPONDERANCE A L'ELECTRICITE



N.B.: L'AXE DES Y A GAUCHE REPRESENTE LE POURCENTAGE DU COMBUSTIBLE
L'AXE DES Y A DROITE REPRESENTE LA QUANTITE D'ENERGIE

GRAPHIQUE 5.1.3 - CHAUFFAGE EN ONTARIO, SCENARIO PREPONDERANCE A L'ELECTRICITE

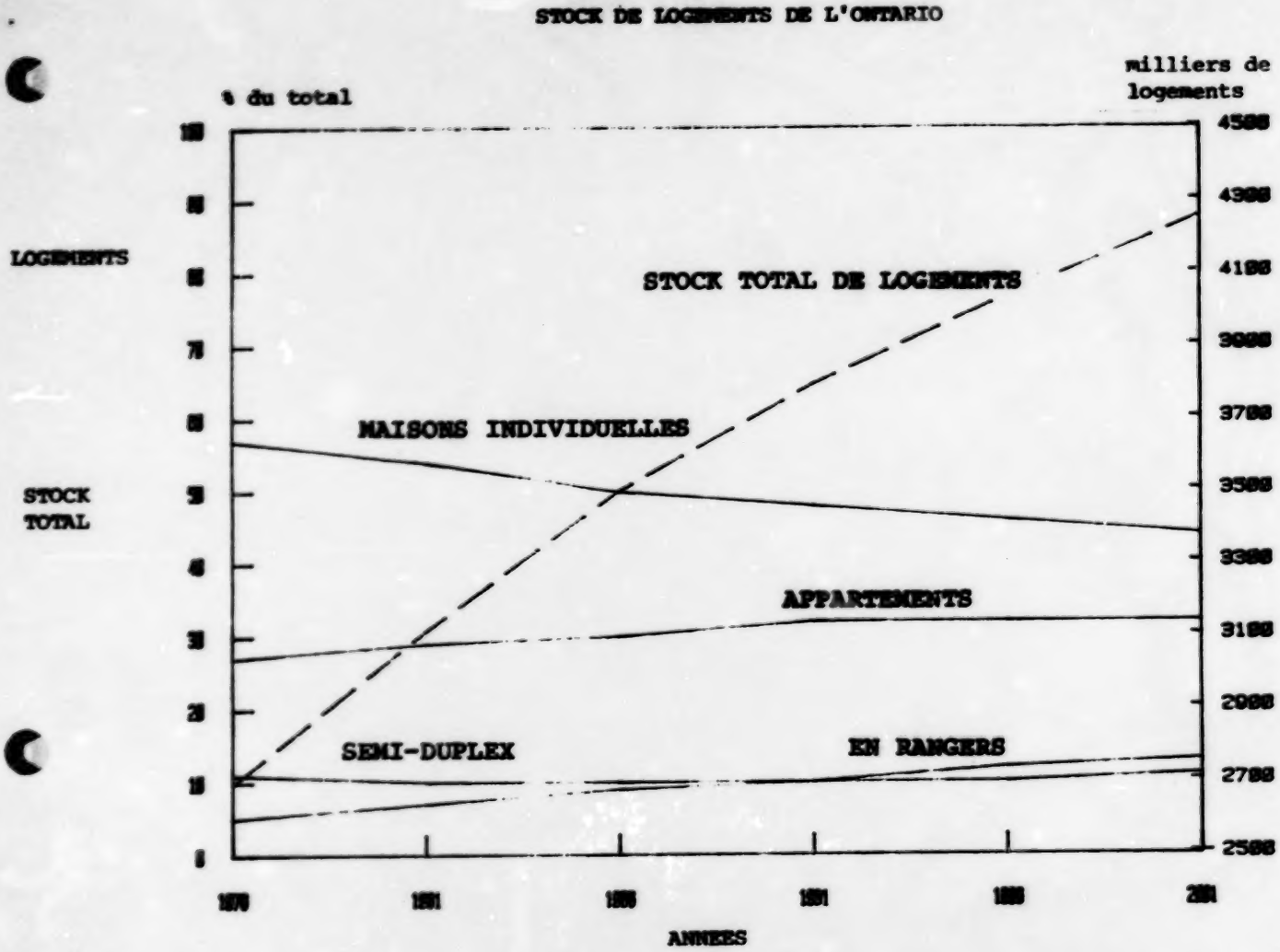


N.B.: L'AXE DES Y A GAUCHE REPRESENTE LE POURCENTAGE DU COMBUSTIBLE
L'AXE DES Y A DROITE REPRESENTE LA QUANTITE D'ENERGIE

GRAPHIQUE 5.1.4 - CHAUFFAGE EN ONTRRIO, HYBRIDES ELEC./MAZOUT

Tableau 5.1.1 - Demande d'énergie pour le chauffage en Ontario, par combustible et total (unité: 10^{12} Btu/an)

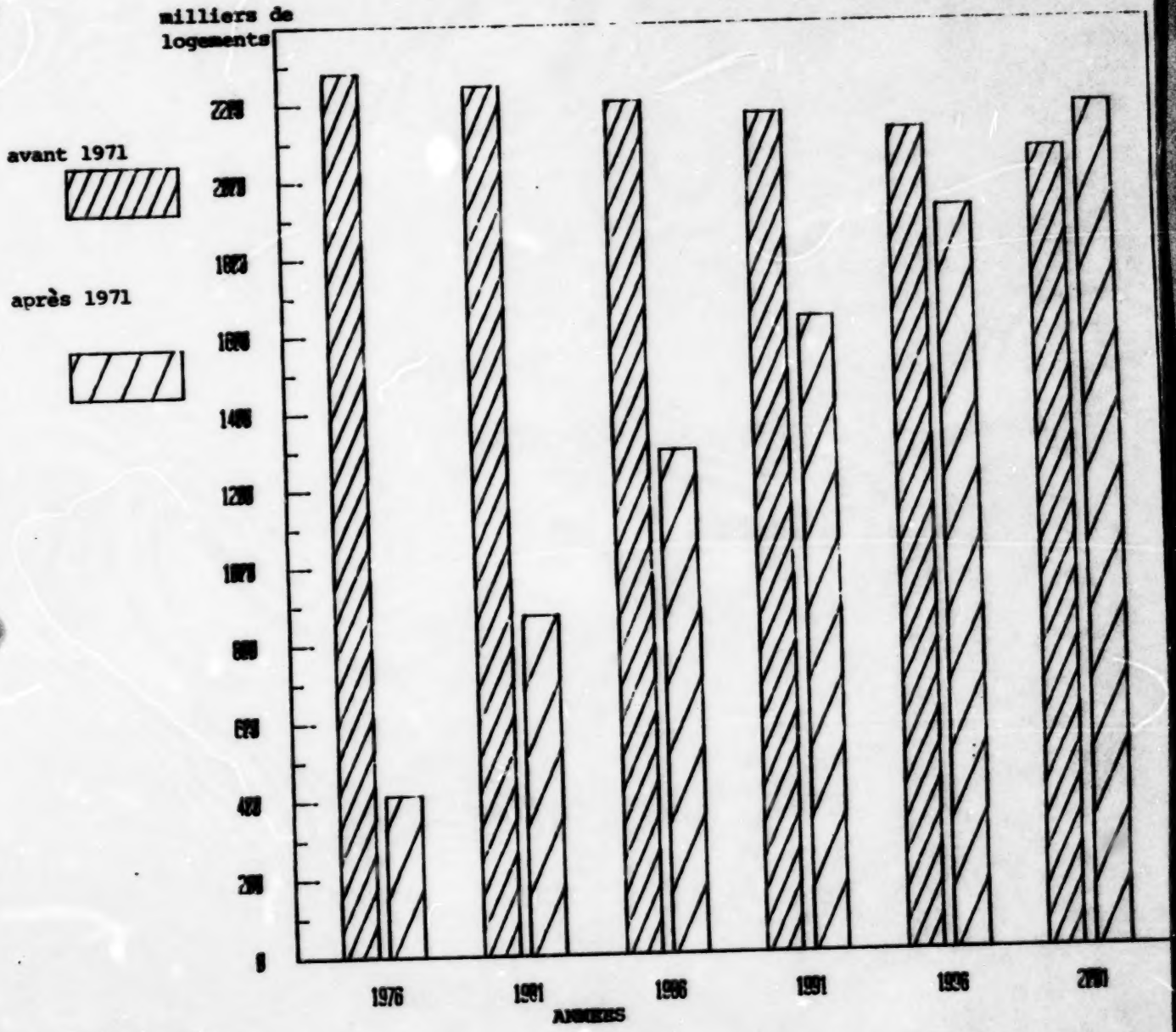
ANNEE	SCENARIO	MAZOUT	GAZ	ELEC.	AUTRE	TOTAL
1976	BASE	208.9	166.3	28.2	41.7	445.0
	HGAS	"	"	"	"	"
	HEEE	"	"	"	"	"
	HYBR	"	"	"	"	"
1981	BASE	168.2	197.6	39.9	48.1	453.8
	HGAS	"	"	"	"	"
	HEEE	"	"	"	"	"
	HYBR	"	"	"	"	"
1986	BASE	135.8	220.9	52.5	52.8	461.9
	HGAS	90.0	259.1	52.5	56.5	458.1
	HEEE	90.0	222.5	75.5	54.1	442.1
	HYBR	93.1	222.5	74.9	52.1	442.6
1991	BASE	108.8	233.7	62.2	55.2	459.9
	HGAS	20.5	311.0	61.0	60.9	453.4
	HEEE	20.5	238.8	106.9	55.1	421.3
	HYBR	33.4	238.8	101.4	52.5	426.1
1996	BASE	85.6	230.2	76.3	54.5	446.6
	HGAS	18.5	295.0	73.6	55.8	442.8
	HEEE	18.5	231.3	114.0	50.9	414.6
	HYBR	30.4	231.3	108.7	48.7	419.1
2000	BASE	69.7	229.3	89.2	54.3	442.6
	HGAS	17.3	285.4	85.4	52.5	440.6
	HEEE	17.3	227.6	122.1	48.2	415.1
	HYBR	28.7	227.6	117.0	46.2	419.4



N.B.: L'AXE DES Y A GAUCHE REPRESENTE LE POURCENTAGE DU TYPE DE LOGEMENT
L'AXE DES Y A DROITE REPRESENTE LE NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS

GRAPHIQUE 5.2.1 - STOCK DE LOGEMENTS DE L'ONTARIO

EVOLUTION DES ANCIENS ET DES NOUVEAUX LOGEMENTS



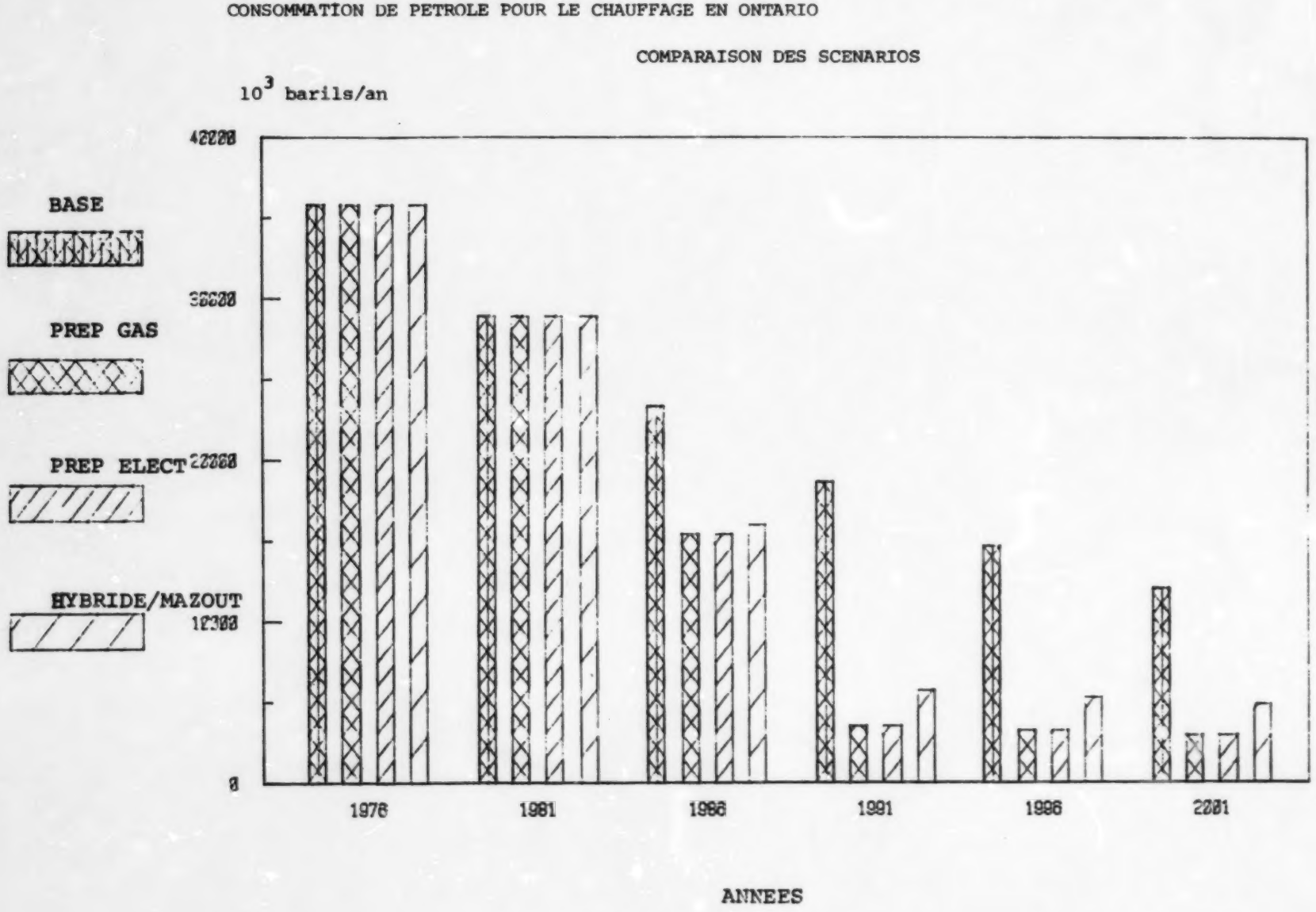
GRAPHIQUE 5.2.2 - EVOLUTION DES ANCIENS ET DES NOUVEAUX LOGEMENTS

Tableau 5.2.1 - Stock de logements de l'Ontario par type

ANNEE	MAISONS			APPARTEMENTS	TOTAL
	INDIVIDUELLES	SEMI/DUPLEX	EN RANGEES		
1976	1541854	285874	142009	725463	2695200
1981	1681589	311405	217983	903076	3114055
1986	1750080	350016	315014	1050048	3500161
1991	1821273	379431	379431	1214182	3794319
1996	1855732	403420	484104	1290044	4034201
2001	1872666	468167	553288	1361939	4256060

Tableau 5.2.2 - Evolution des logements d'avant 1971 et d'après 1971

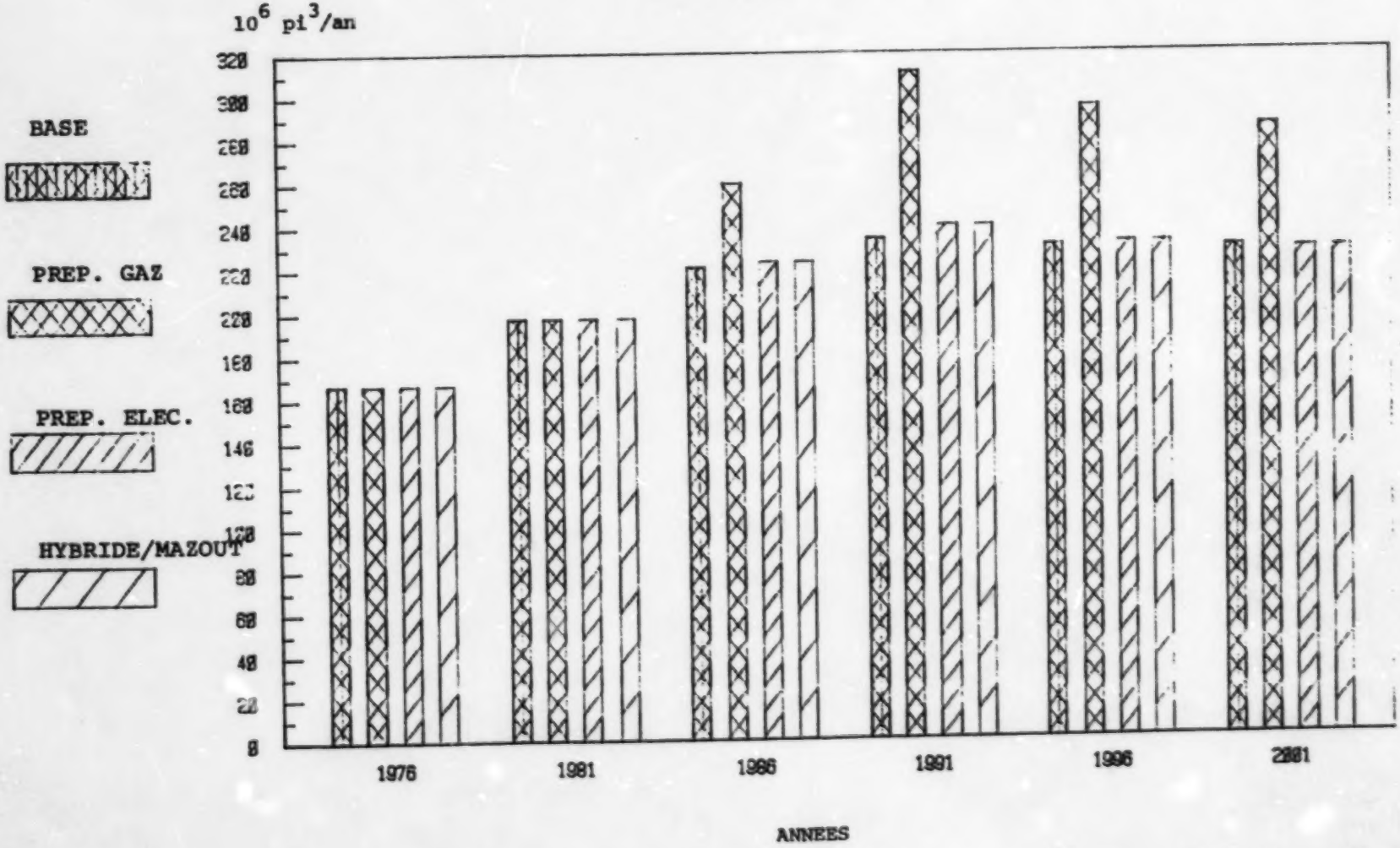
	Construction avant 1971	Construction après 1971	Total
1976	2276836	418364	2695200
1981	2240586	873469	3114055
1986	2202605	1297556	3500161
1991	2161072	1633247	3794319
1996	2116709	1917492	4034201
2001	2069554	2186506	4256060



GRAPHIQUE 5.3.1 - CONSOMMATION DE PETROLE POUR LE CHAUFFAGE EN ONTARIO

CONSOMMATION DE GAZ NATUREL POUR LE CHAUFFAGE EN ONTARIO

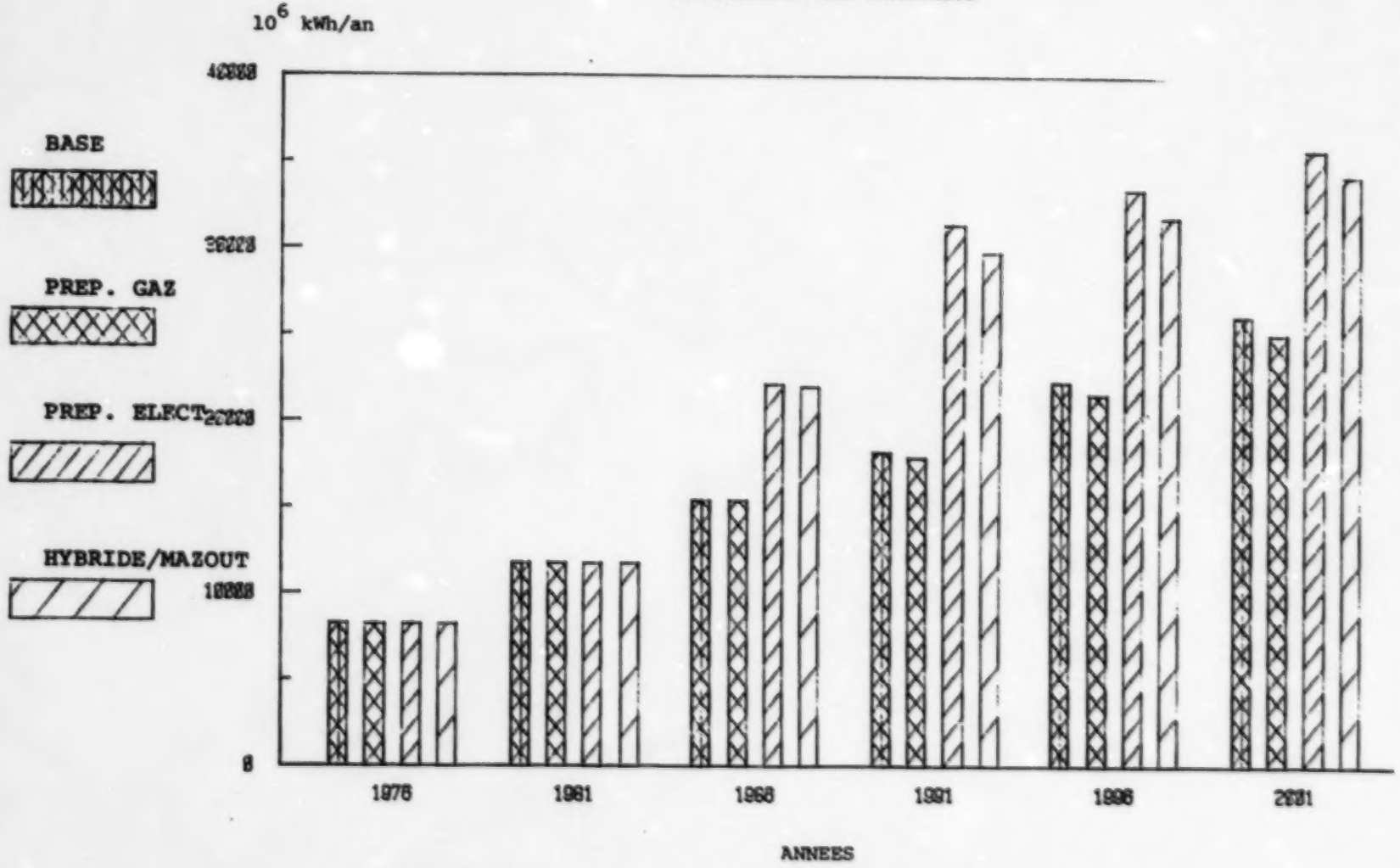
COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.3.2 - CONSOMMATION DE GAZ NATUREL POUR LE CHAUFFAGE EN ONTARIO

CONSOMMATION D'ELECTRICITE POUR LE CHAUFFAGE EN ONTARIO

COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.3.3 - CONSOMMATION D'ELECTRICITE POUR LE CHAUFFAGE EN ONTARIO

GRAPHIQUE 5.3.4 - CONSOMMATION DE PETROLE EN ONTARIO

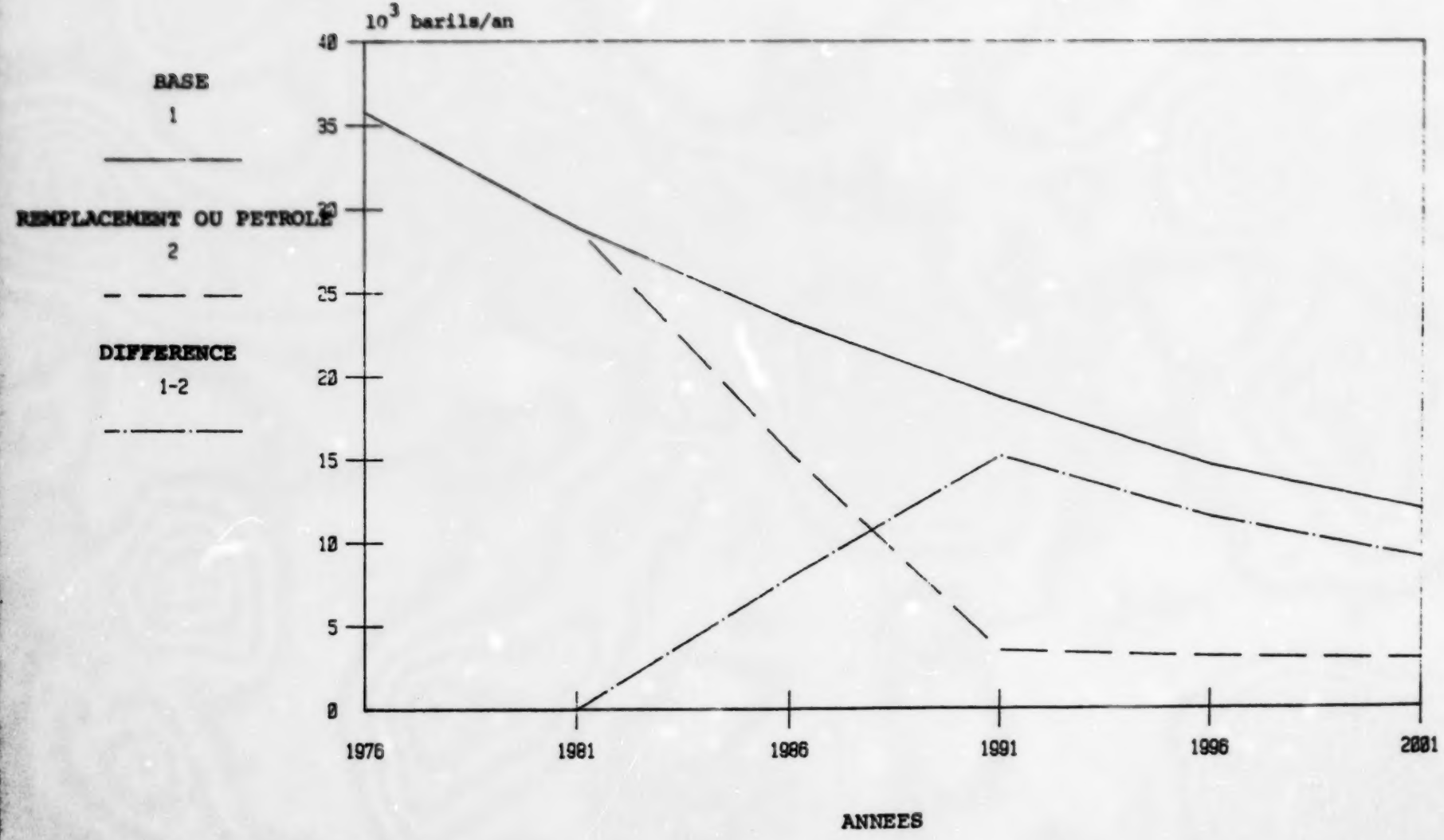
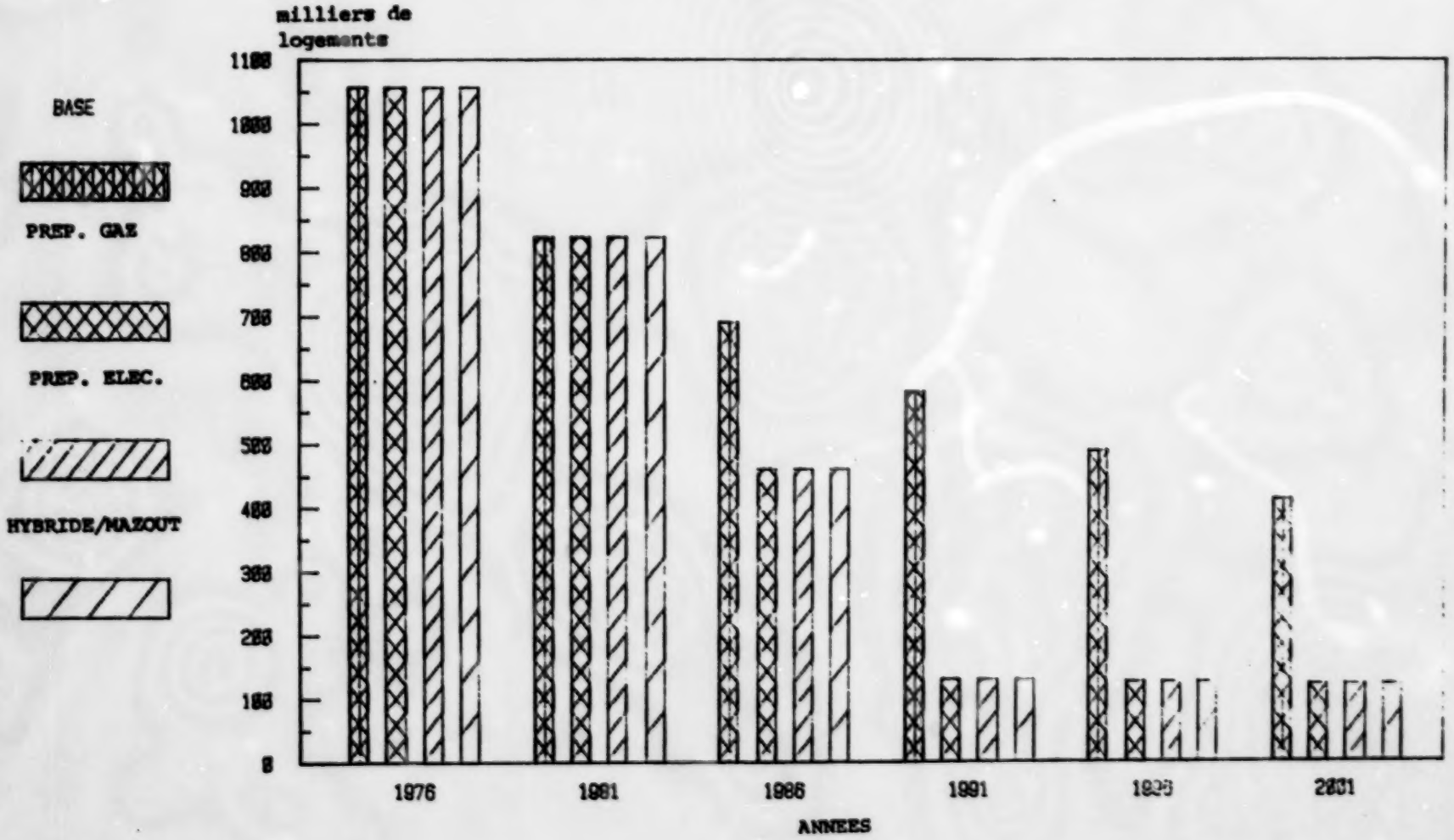


Tableau 5.3.1 - Consommation de combustible en Ontario - Comparaison des scénarios

ANNEES	SCENARIO	PETROLE 10^3 barils/an	GAZ 10^6 pi^3/an	ELECTRICITE 10^6 kWh/an
1976	BASE 1	35839	166.3	8284
	HGAS 2	"	"	"
	HEEE 3	"	"	"
	HYBR 4	"	"	"
1981	1	28861	197.6	11696
	2	"	"	"
	3	"	"	"
	4	"	"	"
1986	1	23295	220.9	15372
	2	15446	259.1	15372
	3	15446	222.5	22111
	4	15979	222.5	21950
1991	1	18662	233.7	18229
	2	3509	310.9	17887
	3	3510	238.8	31343
	4	5727	238.8	29703
1996	1	14688	230.2	22362
	2	3169	294.9	21555
	3	3169	231.3	33405
	4	5222	231.3	31867
2001	1	11969	229.3	26137
	2	2960	285.4	25040
	3	2960	227.6	35714
	4	4924	227.6	34282

STOCK DE LOGEMENTS CHAUFFANT AU MAZOUT

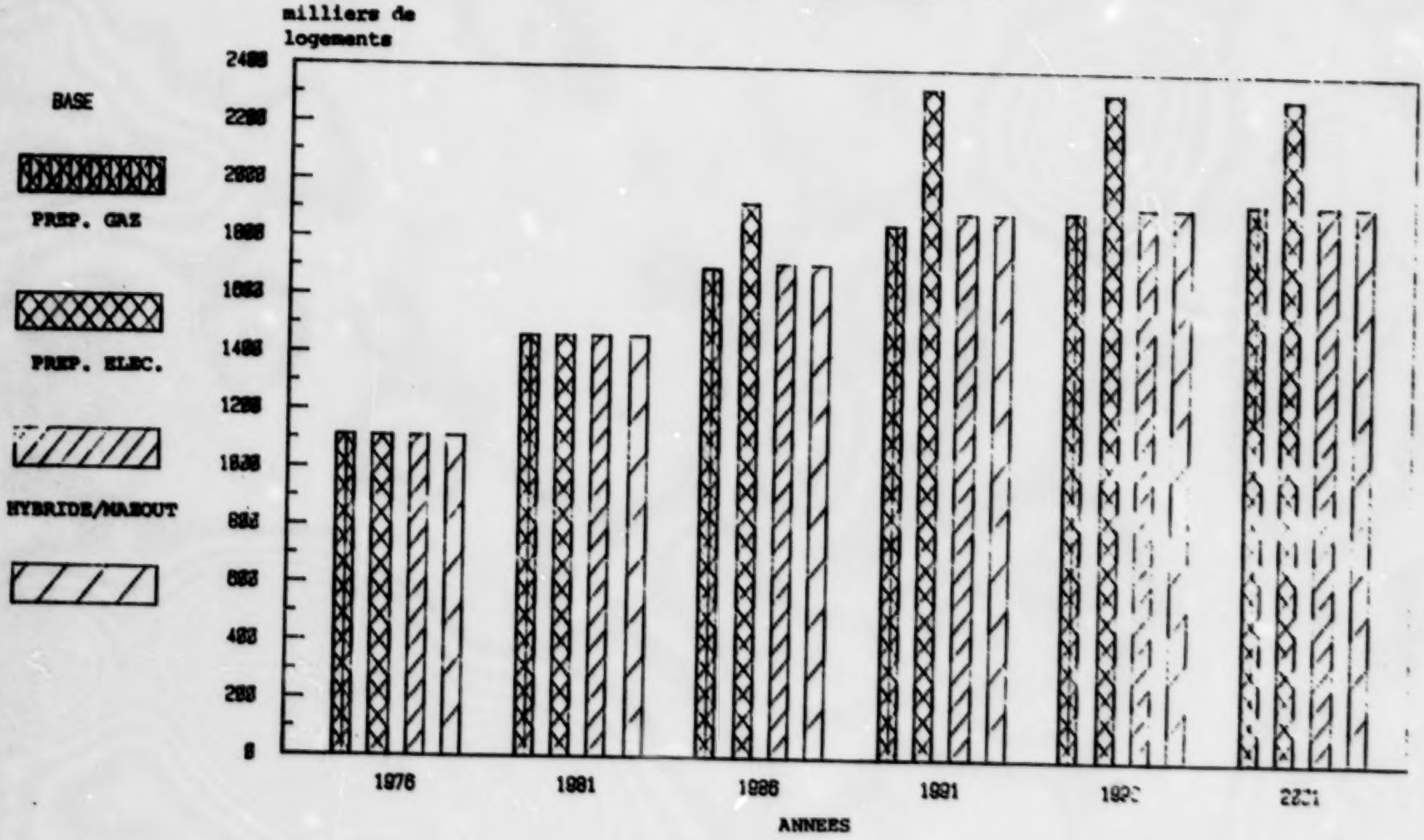
COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.4.1 - STOCK DE LOGEMENTS CHAUFFANT AU MAZOUT

STOCK DE LOGEMENTS CHAUFFANT AU GAZ NATUREL

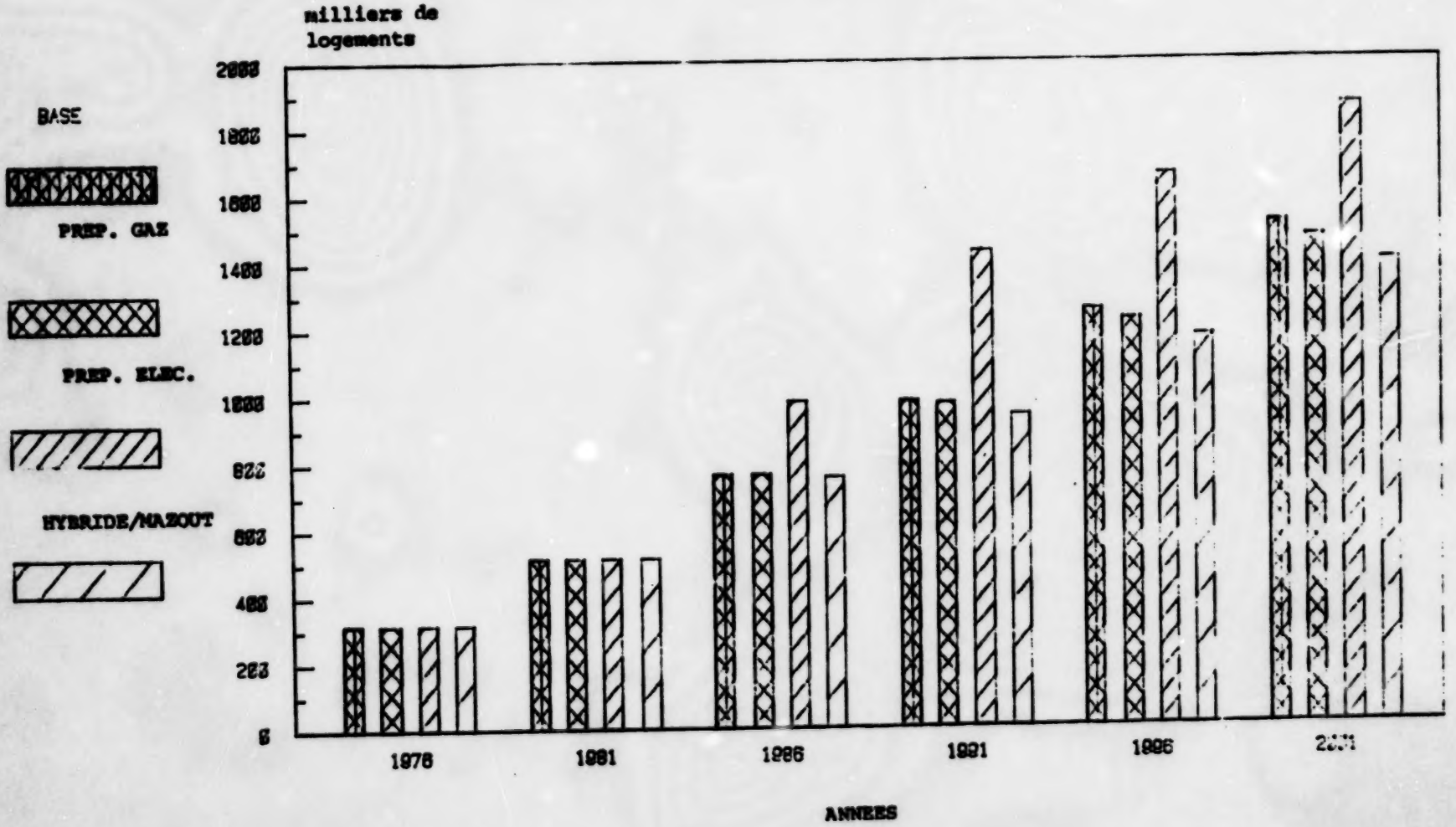
COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.4.2 - STOCK DE LOGEMENT CHAUFFANT AU GAZ NATUREL

STOCK DE LOGEMENTS CHAUFFANT A L'ELECTRICITE

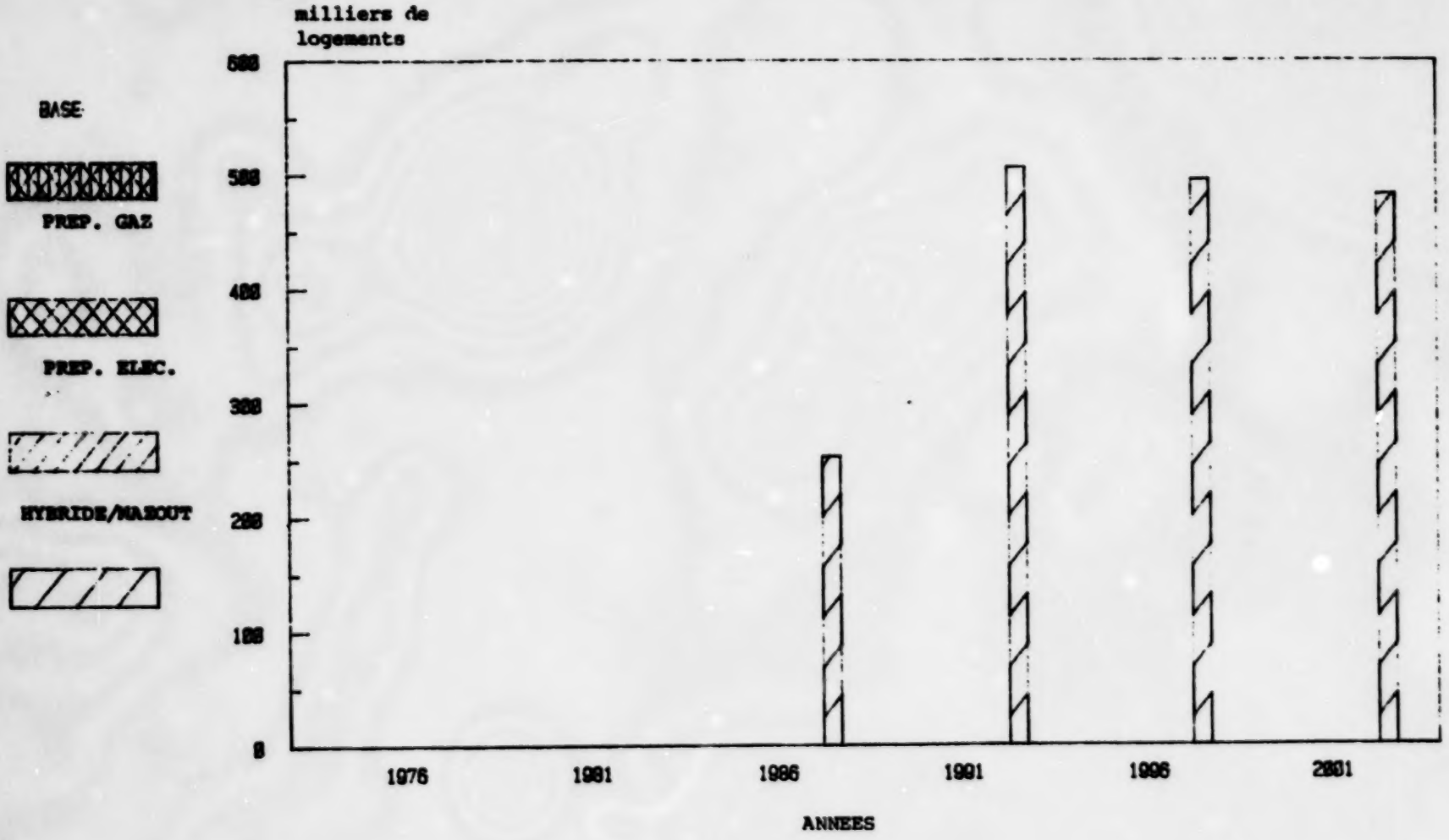
COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.4.3 - STOCK DE LOGEMENTS CHAUFFANT A L'ELECTRICITE

STOCK DE LOGEMENTS UTILISANT UN HYBRIDE ELECTRICITE/MAZOUT

COMPARAISON DES SCENARIOS



GRAPHIQUE 5.4.4 - STOCK DE LOGEMENTS UTILISANT UN HYBRIDE ELECTRICITE/MAZOUT

5.4.1 - Logements de l'Ontario, par type de matériel de chauffage, pour les différents scénarios (en milliers de logements)

année	scenario	Mazout	Gaz	Electricité	Hybride elec/Mazout
1976	BASE 1	1057.5	1107.6	318.8	
	HGAS 2	"	"	"	
	HEEE 3	"	"	"	
	HYBR 4	"	"	"	
1981	1	821.9	1457.4	511.9	
	2	"	"	"	
	3	"	"	"	
	4	"	"	"	
1986	1	688.2	1698.5	763.5	
	2	461.9	1924.8	763.5	
	3	461.9	1719.2	981.5	
	4	461.9	1719.2	753.5	253.7
1991	1	579.5	1858.8	984.8	
	2	1277.8	2330.5	972.8	
	3	1277.9	1900.7	1433.0	
	4	1277.9	1900.7	914.3	505.7
1996	1	486.4	1910.3	1256.9	
	2	123.8	2326.8	1227.2	
	3	123.8	1927.3	1654.3	
	4	123.8	1927.3	1172.7	494.3
2001	1	412.8	1946.6	1510.3	
	2	122.4	2315.3	1468.9	
	3	122.4	1944.8	1864.5	
	4	122.4	1944.8	1393.8	482.2

APPENDICE A

A1 Résistances thermiques courantes

Les résistances thermiques des divers éléments de construction, à l'exception de l'isolant, sont les suivantes:

	Résistance thermique $(Btu/h \cdot {}^oF)^{-1}$
Plafond (à l'exclusion des solives)	
Films superficiels du grenier	0,25
Panneau de gypse de 1/2 po	0,45
Film superficiel intérieur	0,61
Total	1.31
Mur extérieur (à l'exclusion des montants)	
Film superficiel extérieur	0,17
Parement en briques	0,42
Papier de construction	0,06
Panneau de fibres de 7/16 po	1,04
Espace d'air	0,20
Panneau de gypse de 1/2 po	0,45
Film superficiel intérieur	0,68
Total	3.79
Mur de fondation	
8 po de béton	1.11
Films d'air intérieur (fixes)	0,68
Films d'air extérieur	0,17
Total	1,96

Fenêtres

Fenêtre à double vitrage	1,8

Portes

Porte extérieur standard	2,3
Montant en bois de 2 x 4 po	4,37

A2 Divers

Pourcentage des murs et des plafonds constitué de bois (montants et solives): 15 %

Profondeur des murs de sous-sol au-dessous de la surface: 7 pieds.

Profondeur d'isolation des murs de sous-sol sous la surface: 2 pieds.

Transfert de la chaleur par les murs de sous-sol en fonction de la profondeur au-dessous de la surface:

1 pi	0,41 Btu/h·pi^2.oF
2 pi	0,222
3 pi	0,155
4 pi	0,119
5 pi	0,096
6 pi	0,079
7 pi	0,069

Coefficient de transfert de la chaleur du plancher du sous-sol: 0,023.

On a utilisé une valeur de 1,5 changements d'air par heure pour les immeubles à appartements, au lieu des valeurs données pour les divers archétypes thermiques.

Hauteur moyenne des pièces: 7 pi

Chaleur spécifique de l'air: 0,075 Btu/pi^3.$^\circ$F

Gain de chaleur interne: maisons 3200 Btu/h

appartements 2700 Btu/h

Réglage du thermostat: 70 $^\circ$F.